

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
Проектирование зданий и сооружений в особых условиях
строительства и эксплуатации**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.04.01 – Строительство
Теория и проектирование зданий и
сооружений

Ставрополь

Методические указания составлены для проведения практических работ в соответствии с программой дисциплины «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации».

Методические указания призваны закрепить у студентов представление о методике оценки сейсмических свойств специфических грунтов Северо-Кавказского региона, с которыми связаны многочисленные деформации зданий и сооружений в Ставропольском крае, а также оценку надежности зданий и сооружений по внешним признакам.

Методические указания составлены в соответствии с действующими Строительными нормативами.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1	5
Практическая работа 2	7
Практическая работа 3	9
Практическая работа 4	11
Практическая работа 5	13
Практическая работа 6	15
Практическая работа 7	17
Практическая работа 8	19
Практическая работа 9	21
Практическая работа 10	23
Практическая работа 11	25
Практическая работа 12	28
Практическая работа 13	31
Практическая работа 14	35
Практическая работа 15	37
Практическая работа 16	42
Список рекомендуемой литературы	48

Введение

Аварии зданий и инженерных сооружений наносят значительный экономический ущерб и нередко сопровождаются гибелью людей.

Одной из главных задач при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и инженерных сооружений в сложных грунтовых условиях и в сейсмических районах является обеспечение надежности, гарантирующей их безаварийность.

На территории Ставропольского края 90% площади занимают опасные в строительном отношении *просадочные лессы* (75% площади края), *рыхлые пылеватые пески* (занимают половину территории г. Ставрополя), *набухающе-усадочные глины* (г. Невинномысск), *загипсованные мергелистые глины* (г. Железноводск).

Практические работы преследуют *три цели*: 1) ознакомить студентов с надежными и ненадежными (в том числе сейсмоопасными) грунтами Северо-Кавказского региона, уделив особое внимание территории Ставропольского края; 2) научить студентов пользоваться действующими строительными нормативами (СНиП, ГОСТами); 3) ознакомить с методикой оценки зданий и сооружений по внешним признакам.

Перед началом каждой работы студенту необходимо ознакомиться с ее содержанием и изучить рекомендуемую литературу. Отчет по практическим работам рекомендуется дополнить описанием свойств грунтов, нормативными таблицами и конкретными примерами из строительной практики региона.

Практическая работа 1
Построение схематической карты сейсмического районирования
Ставропольского края

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

1.1. Цель и содержание

Цель работы – построить и объяснить карту сейсмического районирования Ставропольского края, показать на карте районы распространения специфических грунтов и описать их.

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

Действующий СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» содержит комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации. Эти карты схематичны и мелкомасштабны. Для практического пользования в СП дана сейсмичность отдельных пунктов края, которая не дает цельного представления о сейсмичности нашего региона в целом и площади территорий с разной сейсмичностью.

1.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Изучить ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация, определение и описание основных представителей региональных грунтов.
2. Используя сейсмичность в баллах отдельных населенных пунктов Ставропольского края, приведенных в СП 14.13330.2018, построить схематическую карту районирования территории края, выделить районы с одинаковой сейсмичностью.
3. Повысить или оставить без изменения расчетную сейсмичность, используя сведения о специфических грунтах отдельных районов края.

1.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и

должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по анализу нормативных документов, характеристику региональных типов грунтов по практическим образцам, построение схематической карты сейсмического районирования края.

1.5. Вопросы для защиты работы

1. Дать определение понятий «специфический» и «сейсмоопасный» грунт.
2. Какими характеристиками эти грунты отличаются от других грунтов, и где они распространены на территории Ставропольского края и Северного Кавказа?
3. Как построена карта-схема сейсмического районирования Ставропольского края?
4. Какая может быть расчетная сейсмичность по месту проживания студента с поправкой на местные грунты?
5. Какие ошибки могут повлиять на определение расчетной сейсмичности площадки строительства?
6. Привести примеры и прокомментировать аварийные ситуации зданий и сооружений по месту своего проживания.

Защита проводится в форме собеседования.

Практическая работа 2

Анализ схематической карты сейсмического районирования

Ставропольского края по геологическим признакам

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

2.1. Цель и содержание

Целью работы является изучение геологических условий Ставропольского края и объяснение с геологических позиций карты-схемы его сейсмического районирования.

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

Современная сейсмичность территории – результат их геологического развития и тектонического строения. Объяснение сейсмичности Ставропольского края можно дать на основе анализа геологической карты и геологических разрезов территории.

2.3. Методика и порядок выполнения работы

1. На геологическую карту наносят границы районов с одинаковой сейсмичностью.
2. Объяснить сейсмичность районов на основе анализа геологических условий отдельных районов и особенностей региональных грунтов.

2.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по переносу границ сейсмических районов на геологическую карту края, описание геологических условий и грунтов в пределах выделенных сейсмических районов, краткую характеристику специфических, сейсмоопасных грунтов по образцам.

2.5. Вопросы для защиты работы

1. Как были совмещены две карты (сейсмического районирования, составленная студентом, и геологическая карта края)?
2. Как сейсмичность территории зависит от геологии района?
3. Кто, как и почему корректирует нормативную сейсмичность СНиПа на расчетную сейсмичность конкретных строительных площадок?
4. От каких местных геологических факторов (существующих и про...
5. Какая может быть расчетная сейсмичность по месту проживания студента с поправкой на изменение (подтопление) местных грунтов?
6. Привести примеры и прокомментировать возможное изменение (повышение) сейсмичности по месту проживания студента.

Защита проводится в форме собеседования.

Практическая работа 3

Анализ I категории грунтов по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

3.1. Цель и содержание

Целью работы является характеристика грунтов I категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СП 14.13330.2018, путем описания их свойств по практическим образцам и таблицам ГОСТ 25100-95.

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 изучения свойств грунтов, приведенных в табл. 1 СП 14.13330.2018, объясняется тем, что нормативная сейсмичность территорий, указанная в этом СНиП, затем корректируется (повышается, понижается или остается без изменений) в зависимости от свойств местных грунтов. Незнание этих вопросов может привести к неправильному определению сейсмичности площадки со всеми вытекающими последствиями. При недооценки сейсмичности площадки здание может разрушиться, если произойдет землетрясение максимальной силы. Переоценка сейсмичности приводит к необоснованному удорожанию строительства.

3.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Выписать перечень грунтов I категории по сейсмическим свойствам из табл. 1 СП 14.13330.2018.
2. Найти эти грунты в коллекции кафедры.
3. Описать свойства грунтов I категории по сейсмическим свойствам, используя таблицы ГОСТ 25100-95.
4. Объяснить, почему эти грунты понижают нормативную сейсмичность на 1 балл.

3.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, перечень и характеристику грунтов I категории по сейсмическим свойствам, их распространение на территории Ставропольского края с примерами противосейсмических мероприятий в районах их распространения.

3.5. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются грунты I категории по сейсмическим свойствам от других грунтов?
2. В каких городах и районах Ставропольского края преобладают грунты I категории по сейсмическим свойствам?
3. Как учитываются особенности грунтов I категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений?
4. Может ли измениться I категория грунта по сейсмическим свойствам при изменении инженерно-геологических условий (например, в результате подтопления) на застроенных городских территориях?

Практическая работа 4
Анализ скальных и крупнообломочных грунтов II категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

4.1. Цель и содержание

Цель работы – характеристика скальных и крупнообломочных грунтов II категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СНиП II-7- 81*, путем описания их свойств по практическим образцам и таблицам ГОСТ 25100-95.

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

Скальные и крупнообломочные грунты II категории по сейсмическим свойствам на территории Ставропольского края имеют сравнительно ограниченное распространение. Тем не менее, незнание их свойств может привести к серьезным проектным, строительным и эксплуатационным ошибкам при ошибочной оценке прогнозируемой сейсмичности.

Сейсмичность этих грунтов зависит от степени их выветрелости и минералогического состава. Поэтому студенту важно выделить и изучить особенности этих грунтов для точной оценки сейсмичности площадки.

4.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Выписать перечень скальных и крупнообломочных грунтов II категории по сейсмическим свойствам из табл. 1 СП 14.13330.2018.
2. Найти эти грунты в коллекции кафедры.
3. Описать свойства скальных и крупнообломочных грунтов II категории по сейсмическим свойствам, используя таблицы ГОСТ 25100-95.
4. Объяснить, почему эти грунты не изменяют нормативную сейсмичность, приведенную в СНиП.

4.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, перечень и характеристику скальных и крупнообломочных грунтов II категории по сейсмическим свойствам, их распространение на территории Ставропольского края с примерами противосейсмических мероприятий в районах их распространения.

4.5. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются скальные и крупнообломочные грунты II категории по сейсмическим свойствам от других грунтов?
2. В каких городах и районах Ставропольского края преобладают скальных и крупнообломочных грунты II категории по сейсмическим свойствам?
3. Как учитываются особенности скальных и крупнообломочных грунтов II категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений?
4. Может ли измениться II категория скальных и крупнообломочных грунтов по сейсмическим свойствам при изменении инженерно-геологических условий на застроенных городских территориях?

Практическая работа 5

Анализ песчаных грунтов II категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

5.1. Цель и содержание

Цель работы – характеристика песчаных грунтов II категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СП 14.13330.2018, путем описания их свойств по практическим образцам и таблицам ГОСТ 25100-95.

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

Песчаные грунты II категории по сейсмическим свойствам сравнительно широко распространены на территории Ставропольского края.

Категория их сейсмических свойств зависит от литологического вида грунта, плотности и влажности. Этими признаками песчаные грунты отличаются, с одной стороны, от крупнообломочных и скальных грунтов, а с другой стороны – от более дисперсных глинистых грунтов.

Поэтому студенту важно выделить и изучить указанные особенности песчаных грунтов для точной оценки сейсмичности площадки.

5.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Выписать перечень и нормативные характеристики песчаных грунтов II категории по сейсмическим свойствам из табл. 1 СП 14.13330.2018.
2. Найти эти грунты в коллекции кафедры.
3. Описать свойства различных видов песчаных грунтов II категории по сейсмическим свойствам, используя таблицы ГОСТ 25100-95.
4. Объяснить, почему эти грунты не изменяют нормативную

сейсмичность, приведенную в СНиП.

5.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, перечень и характеристику песчаных грунтов II категории по сейсмическим свойствам, их распространение на территории Ставропольского края с примерами противосейсмических мероприятий в районах их распространения.

5.5. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются песчаные грунты II категории по сейсмическим свойствам от других грунтов?
2. В каких городах и районах Ставропольского края преобладают песчаные грунты II категории по сейсмическим свойствам?
3. Как учитываются особенности песчаных грунтов II категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений?
4. Может ли измениться II категория песчаных грунтов по сейсмическим свойствам при изменении инженерно-геологических условий на застроенных городских территориях?

Практическая работа 6
Анализ глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам
(табл. 1 СП 14.13330.2018)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

6.1. Цель и содержание

Цель работы – характеристика глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СП 14.13330.2018, путем описания их свойств по практическим образцам и таблицам ГОСТ 25100-95.

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

Глинистые грунты II категории по сейсмическим свойствам сравнительно широко распространены на территории Ставропольского края.

Категория их сейсмических свойств зависит от литологического вида (числа пластичности) грунта, его пористости и консистенции. Этими признаками глинистые грунты отличаются от песчаных, крупнообломочных и скальных грунтов.

Поэтому студенту важно выделить и изучить указанные особенности глинистых грунтов для точной оценки сейсмичности площадки.

6.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Выписать перечень и нормативные характеристики глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам из табл. 1 СП 14.13330.2018.
2. Найти эти грунты в коллекции кафедры.
3. Описать свойства различных видов глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам, используя таблицы ГОСТ 25100-95.
4. Объяснить, почему эти грунты не изменяют нормативную сейсмичность, приведенную в СНиП.

6.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, перечень и характеристику глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам, их распространение на территории Ставропольского края с примерами противосейсмических мероприятий в районах их распространения.

6.5. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются глинистые грунты II категории по сейсмическим свойствам от других грунтов?
2. В каких городах и районах Ставропольского края преобладают глинистые грунты II категории по сейсмическим свойствам?
3. Как учитываются особенности глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений?
4. Может ли измениться II категория глинистых грунтов по сейсмическим свойствам при изменении инженерно-геологических условий на застроенных городских территориях?

Практическая работа 7
Анализ мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам
(табл. 1 СП 14.13330.2018)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

7.1. Цель и содержание

Цель работы – характеристика мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СП 14.13330.2018, путем описания их свойств по таблицам ГОСТ 25100-95.

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

Мерзлые грунты II категории по сейсмическим свойствам занимают 70% территории России (Сибирь, Дальний Восток и Север Европейской и Азиатской части страны). Мерзлые грунты, как и просадочные лессы, относятся к специфическим, структурно-неустойчивым и опасным грунтам.

Строительство на мерзлых грунтах ведется с сохранением или ликвидацией мерзлоты. Категория их сейсмических свойств зависит от литологического вида и температуры. Этими признаками мерзлые грунты отличаются от других грунтов при оценке их категории по сейсмическим свойствам.

При оттаивании мерзлые грунты II категории часто переходят в более опасную III категорию грунта по сейсмическим свойствам.

Учитывая широкое распространение мерзлых грунтов в высоко сейсмических районах Сибири и Дальнего Востока, студенту строительной специальности необходимо изучить особенности мерзлых грунтов для точной оценки сейсмичности площадки.

7.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Выписать перечень и нормативные характеристики мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам из табл. 1 СП 14.13330.2018.

2. Описать свойства различных видов мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам, используя таблицы ГОСТ 25100-95 и литературные источники.

3. Объяснить, когда эти грунты изменяют и не изменяют нормативную сейсмичность, приведенную в СНиП.

7.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, перечень и характеристику мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам, их распространение на территории России с объяснением противосейсмических и противопросадочных мероприятий в районах их распространения.

7.5. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются мерзлые грунты II категории по сейсмическим свойствам от других грунтов?

2. В каких районах России распространены мерзлые грунты, и как они там образовались?

3. Как учитываются особенности мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений?

4. Может ли измениться II категория мерзлых грунтов по сейсмическим свойствам на застроенных городских территориях?

Практическая работа 8

Анализ песчаных грунтов III категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

8.1. Цель и содержание

Цель работы – характеристика песчаных грунтов III категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СП 14.13330.2018, путем описания их свойств по практическим образцам и таблицам ГОСТ 25100-95.

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

Песчаные грунты III категории по сейсмическим свойствам широко распространены на территории Ставропольского края.

Категория их сейсмических свойств зависит от литологического вида грунта, плотности и влажности. Этими признаками песчаные грунты отличаются, с одной стороны, от крупнообломочных и скальных грунтов, а с другой стороны – от более дисперсных глинистых грунтов.

Поэтому студенту важно выделить и изучить указанные особенности песчаных грунтов III категории для точной оценки сейсмичности площадки.

8.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Выписать перечень и нормативные характеристики песчаных грунтов III категории по сейсмическим свойствам из табл. 1 СП 14.13330.2018.
2. Найти эти грунты в коллекции кафедры.
3. Описать свойства различных видов песчаных грунтов III категории по сейсмическим свойствам, используя таблицы ГОСТ 25100-95.
4. Объяснить, можно ли и как эти грунты перевести во II категорию по сейсмическим свойствам?

8.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, перечень и характеристику песчаных грунтов III категории по сейсмическим свойствам, их распространение на территории Ставропольского края с примерами противосейсмических мероприятий в районах их распространения.

8.5. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются песчаные грунты III категории по сейсмическим свойствам от других грунтов?
2. В каких городах и районах Ставропольского края преобладают песчаные грунты III категории по сейсмическим свойствам?
3. Как учитываются особенности песчаных грунтов III категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений?
4. Можно ли перевести III категорию песчаных грунтов во II категорию по сейсмическим свойствам?

Практическая работа 9
Анализ глинистых грунтов III категории по сейсмическим свойствам
(табл. 1 СП 14.13330.2018)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

9.1. Цель и содержание

Цель работы – характеристика глинистых грунтов III категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СП 14.13330.2018, путем описания их свойств по практическим образцам и таблицам ГОСТ 25100-95.

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.

9.2. Теоретическое обоснование

Глинистые грунты III категории по сейсмическим свойствам широко распространены на территории Ставропольского края. В эту группу по нормативной табл. 1 СП 14.13330.2018 попадают *просадочные лессы и усадочно-набухающие глины*, т. е. наиболее распространенные и *наиболее опасные* грунты нашего региона.

Категория их сейсмических свойств зависит от литологического вида грунта, пористости и консистенции. Этими признаками глинистые, в том числе и специфические, грунты отличаются от других дисперсных грунтов.

Поэтому студенту Юга России важно научиться выделять и представлять особенности глинистых, в первую очередь, специфических грунтов III категории для точной оценки сейсмичности площадки.

9.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Выписать перечень и нормативные характеристики специфических грунтов III категории по сейсмическим свойствам из табл. 1 СП 14.13330.2018.
2. Найти эти грунты в коллекции кафедры.
3. Описать свойства различных видов специфических грунтов III

категории по сейсмическим свойствам, используя таблицы ГОСТ 25100-95.

4. Объяснить, можно ли и как эти грунты перевести во II категорию по сейсмическим свойствам?

9.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, перечень и характеристику специфических грунтов III категории по сейсмическим свойствам, их распространение на территории Ставропольского края с примерами противосейсмических и противопросадочных мероприятий в районах их распространения.

9.5. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются специфические грунты III категории по сейсмическим свойствам от других грунтов?

2. В каких городах и районах Ставропольского края преобладают специфические грунты III категории по сейсмическим свойствам?

3. Как учитываются особенности специфических грунтов III категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений в Ставропольском крае?

4. Привести примеры аварийных деформаций зданий и сооружений, построенных на специфических грунтах Ставропольского края.

5. Можно ли перевести III категорию специфических грунтов во II категорию по сейсмическим свойствам?

Практическая работа 10

Основные понятия надежности зданий и сооружений

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

10.1. Цель и содержание

Цель работы – дать нормативные определения основных понятий надежности, которые затем понадобятся при выполнении остальных работ этого цикла.

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.

10.2. Теоретическое обоснование

Как показали наблюдения, в процессе эксплуатации строительных конструкций происходит снижение их надежности, что связывается с изменчивостью величин нагрузок и изменением эксплуатационных свойств материалов вследствие различных повреждений.

При достижении конструкциями определенного уровня надежности в них будут наблюдаться необратимые повреждения: трещины, потеря устойчивости сжатых элементов, пластические деформации, коррозионные повреждения и т. п. Повреждения критического характера в конструкциях могут привести и приводят к обрушению конструкций и аварии зданий и сооружений, сопровождающихся гибелью людей, о чем в последнее время стали сообщать средства массовой информации.

Учет влияния повреждений связан с оценкой их надежности. Своевременная оценка технического состояния и надежности зданий и сооружений позволит вовремя провести их капитальный ремонт и усиление и тем самым обеспечить их надежность при эксплуатации.

Не менее важным вопросом является экспертиза здания или сооружения на предрасположенность к аварии. Выявление таких объектов по предлагаемым в следующих работах методикам позволит студенту (будущему инженеру-строителю) критически подойти к оценке надежности несущих конструкций.

10.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Используя нормативную и справочную литературу, дать нормативные определения понятий надежности и отказов строительных конструкций зданий и сооружений, исходя из требований норм на проектирование (нормативной надежности), которая косвенно отражает необходимый запас прочности на восприятие действующих нагрузок.

2. Показать на примерах снижение нормативной надежности отдельных конструкций и частей зданий и сооружений.

3. По литературным источникам и примерам из практики указать причины и ошибки, приводящие к снижению надежности и отказам строительных конструкций.

4. Объяснить, как произойдет снижение надежности строительных сооружений при различных по силе и частоте сейсмических воздействиях.

10.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; различные определения понятия надежности; факторы, влияющие на надежность зданий и сооружений; снижение надежности при сейсмических воздействиях, различных по силе и частоте.

10.5. Вопросы для защиты работы

1. Дать нормативные определения понятий надежности и отказов строительных конструкций зданий и сооружений.

2. Привести примеры снижения нормативной надежности отдельных конструкций и частей зданий и сооружений.

3. Как снижается сейсмостойкость зданий и сооружений при сейсмических воздействиях разной силы и частоты?

4. Пути повышения надежности строительных систем в сейсмических районах.

Практическая работа 11

Оценка разрушения сооружений вследствие постепенных отказов

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

11.1. Цель и содержание

Цель работы – рассмотреть три состояния строительных конструкций: удовлетворительное, неудовлетворительное и аварийное с использованием образцов конструкций и характеризующих их коэффициентов надежности.

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.

11.2. Теоретическое обоснование

Разрушения сооружений от постепенных отказов возникают вследствие накопления различных повреждений в конструкциях при эксплуатации: коррозии металлов, гниения древесины, старения и усталости материалов, размораживания бетона и каменной кладки, различных механических повреждений, вызванных воздействием транспортных средств и производственной деятельности, изменением грунтовых условий, пучением грунта от промерзания, коррозионным воздействием грунтовых вод.

Разрушение от постепенных отказов связано с длительной эксплуатацией и физическим износом конструкций.

Для оценки эксплуатационной пригодности конструкций сооружения на практике прибегают к натурным обследованиям, на основании которых приходится решать две задачи: 1) *при каком значении уровня повреждений может быть допущена нормальная эксплуатация конструкций* и 2) *на какой срок может быть допущена их эксплуатация до следующего обследования и ремонта*.

В зависимости от уровня надежности сооружения при оценке технического состояния конструкций принимают три граничных состояния: удовлетворительное, неудовлетворительное и аварийное.

При удовлетворительном состоянии конструкций возможна

эксплуатация сооружения без всяких ограничений.

При неудовлетворительном состоянии должны быть снижены нагрузки до проведения ремонтных работ.

Для сооружений, находящихся в аварийном состоянии, должна быть прекращена их эксплуатация до проведения ремонтных работ.

Для практических расчетов в настоящее время единственной нормируемой характеристикой при оценке прочности являются применяемые в строительных нормах коэффициенты надежности по материалам γ_m , нагрузкам γ_f , условию работы γ_c и назначению γ_n , которые могут быть приведены к полному коэффициенту надежности (запаса) конструкции:

$$\gamma_0 = \gamma_b \cdot \gamma_c \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n. \quad (11.1)$$

Значения этих коэффициентов для различных конструкций приведены в справочной и нормативной литературе, прилагаемой к данной работе.

Подсчет для рассмотренных трех состояний конструкций: удовлетворительного, неудовлетворительного и аварийного полных коэффициентов надежности γ , относительной надежности y и средних при этом повреждениях ε приведены в таблице 11.1.

При оценке технического состояния зданий и инженерных сооружений, помимо рассмотренных граничных состояний, применяют также промежуточные значения по пятибалльной системе.

При хорошем состоянии конструкций удовлетворяются все требования норм и для них будет иметь место $\gamma \geq \gamma_0$.

Таблица 11.1 – Значения характеристик надежности y и ε от состояния конструкций

Характеристики	Эксплуатационное состояние конструкций		
	Удовлетворительное	Неудовлетворительное	Аварийное
Полный коэффициент надежности γ при разрушении по: арматуре бетону	$>1,35$	1,21...1,35	1...1,2
	$>1,54$	1,21...1,54	1...1,2
Относительная надежность $y = \gamma / \gamma_0$	$> (0,77...0,9)$	0,61...0,9	0,5...0,8
Средняя относительная надежность y	0,85	0,75	0,65
Средняя величина поврежденности $\varepsilon = 1 - y$	0,15	0,25	0,35

Сооружения, отвечающие не совсем удовлетворительному состоянию, отличаются от сооружений неудовлетворительного состояния

лишь количеством поврежденных конструкций. При не совсем удовлетворительном состоянии имеются лишь единичные повреждения отдельных конструкций, составляющие около 5% от всех конструкций.

Установленное разграничение категории технического состояния конструкций имеет большое практическое значение, так как позволяет принять решение об оценке технического состояния конструкций, назначить сроки их ремонта в зависимости от численных величин надежности.

11.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Используя нормативную и справочную литературу, определить коэффициенты надежности образцов различных строительных материалов, условия их работы и назначение.

2. По образцам строительных конструкций, имеющим различную степень повреждений, рассчитать коэффициент надежности (запаса) конструкции.

3. Определить состояние конструкции по таблице 11.1.

4. Объяснить, какие факторы привели к снижению надежности рассматриваемой конструкции.

5. Объяснить, как будут себя вести строительные конструкции разной степени надежности при сейсмических воздействиях разной силы.

11.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; методику определения коэффициентов надежности по материалам, нагрузкам, условиям и назначению; расчет полного коэффициента надежности строительной конструкции, учет этого показателя при сейсмических воздействиях; оценку и анализ эксплуатационного состояния конструкций.

11.5. Вопросы для защиты работы

1. Дать определение коэффициентов надежности по материалам, нагрузкам, условиям работы и назначению строительных конструкций зданий и сооружений. Привести примеры.

2. Как рассчитать полный коэффициент надежности (запаса) конструкции?

3. Как определяется удовлетворительное, неудовлетворительное и аварийное состояния конструкций?

4. Как изменяется это состояние при сейсмических воздействиях

разной силы?

5. Как повысить надежность конструкций в строительных системах?

Практическая работа 12

Прогнозирование долговечности сооружений

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

12.1. Цель и содержание

Цель работы – показать кривые изменения надежности сооружений.

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.

11.2. Теоретическое обоснование

Техническое освидетельствование сооружений позволяет установить их надежность на момент обследования. Однако для заключения о дальнейшей эксплуатации, установления срока службы и ремонта сооружения необходимо знать изменение их свойств во времени.

Как показывают исследования, изменение несущей способности сооружения за время эксплуатации может быть описано экспоненциальным законом.

Выражение надежности γ при экспоненциальном законе в заданный момент времени будет $\gamma = \gamma_0 \cdot e^{-\lambda t}$ или в относительных величинах:

$$y = \gamma/\gamma_0 = e^{-\lambda t}. \quad (12.1)$$

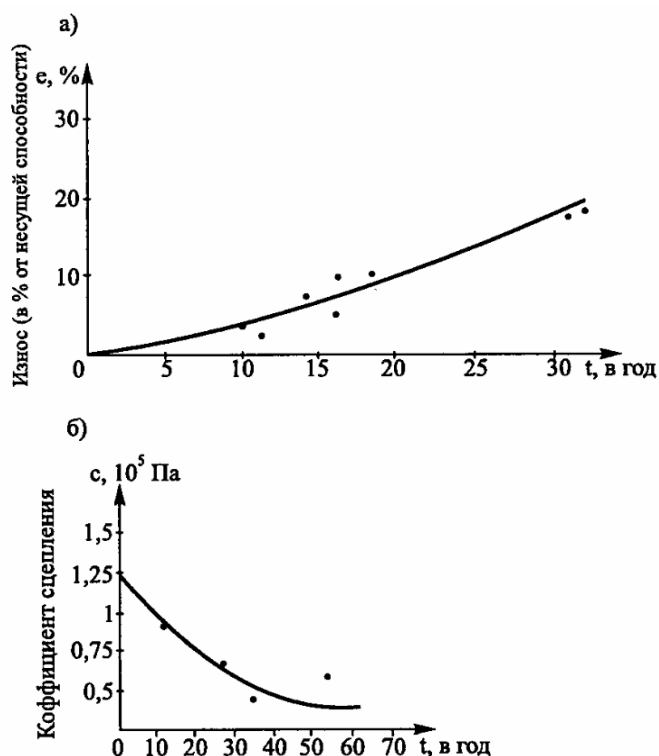


Рисунок 12.1 – Изменение надежности сооружений со временем: а – снижение несущей способности железобетонных эстакад; б – снижение сцепления глинистых грунтов в результате ползучести

Прологарифмировав (12.1), получим:

$$\lambda = -\ln y/t, \quad (12.2)$$

где t – постоянная износа или

$$t = -\ln y/\lambda, \quad (12.3)$$

где t – срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Величина повреждения строительных конструкций через t лет ее эксплуатации будет

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (12.4)$$

Оценивая по результатам натурных обследований изменение надежности или прочностных свойств конструкций сооружения за определенный промежуток времени по формуле (12.2), можно определить постоянную износа.

Для конструкций в момент разрушения $y = 0,65$. Подставляя значение y в выражение (12.3), получим время до разрушения сооружения (время наступления аварийного состояния)

$$t_a = 0,5/\lambda, \quad (12.5)$$

где λ – постоянная износа, вычисляемая по формуле (12.2) по данным обследования на основании изменения несущей способности в момент

обследования, определяемая по категории технического состояния конструкции в зависимости от повреждений (приложение 1), t_a – срок эксплуатации в годах до аварии.

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта в годах $t(y = 0,75)$ будет

$$t = 0,2/\lambda. \quad (12.6)$$

Полученные выше зависимости позволяют количественно оценивать эксплуатационную пригодность конструкций сооружений во времени, устанавливать время проведения ремонтов, а также прогнозировать возможность наступления аварии при отсутствии ремонта, что способствует повышению надежности.

12.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Используя нормативную и справочную литературу, приложенную к данной работе, проанализировать экспоненциальный закон износа и повреждения строительных конструкций.
2. По результатам натурных обследований отдельных конструкций определить постоянную износа.
3. Рассчитать время наступления аварийного состояния (время разрушения сооружения).

12.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; анализ экспоненциального закона износа и повреждения строительных конструкций; методику определения постоянной износа и времени разрушения сооружения.

12.5. Вопросы для защиты работы

1. Какой основной закон описывает изменение несущей способности сооружения?
2. Как определить постоянную износа сооружения?
3. Как определить срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта?
4. Как определить время наступления аварийного состояния при прогнозировании долговечности сооружений?
5. Как продлить долговечность конструкций в строительных системах?

Практическая работа 13

Определение технического состояния сооружений по внешним признакам

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

13.1. Цель и содержание

Цель работы – научить студента определять категорию состояния сооружения по внешним признакам и нормативной таблице.

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.

13.2. Теоретическое обоснование

При эксплуатации сооружений широко применяются для оценки технического состояния конструкций визуальные обследования. В связи с этим возникает необходимость установить надежность обследуемых конструкций по внешним признакам их повреждений.

Повреждения в конструкции могут быть двух видов в зависимости от причин их возникновения: от силовых воздействий и от воздействия внешней среды. Последний вид повреждений снижает не только прочность конструкции, но и уменьшает ее долговечность.

Так, например, стальная ферма с антикоррозийным покрытием и такая же с поврежденным антикоррозийным покрытием обладают одинаковой несущей способностью, но разной долговечностью.

Влияние повреждений на надежность конструкций оценивается относительной надежностью конструкций у в процессе их эксплуатации.

При достижении конструкцией определенного уровня надежности (рис. 13.1) в ней будут наблюдаться необратимые повреждения: трещины, потеря устойчивости сжатых элементов, пластические деформации, неравномерные осадки фундаментов, коррозионные повреждения и т. п.

С учетом этих дефектов посредством прочностных расчетов могут быть установлены снижение нормативной надежности у и поврежденность. На основании данных о характерных повреждениях зданий и сооружений,

имеющих место при их эксплуатации, составлены таблицы для оценки их технического состояния.

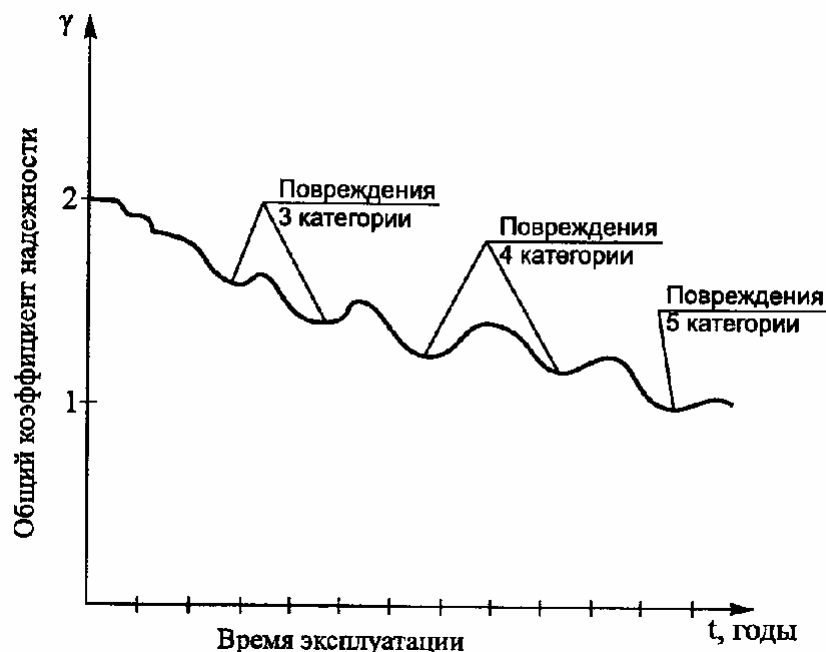


Рисунок 13.1 – Изменение надежности сооружений со временем

В зависимости от имеющейся поврежденности техническое состояние конструкций сооружений разделяется на **5 категорий**: *хорошее, удовлетворительное, не совсем удовлетворительное, неудовлетворительное и аварийное*.

Значения γ и ϵ для различных категорий технического состояния конструкций сооружения приведены в таблице 13.1.

При этом оценка надежности конструкций должна проводиться по максимальному повреждению в конструкции, так как при его критическом значении может произойти разрушение конструкции и обрушение всего сооружения.

Для оценки категории состояния конструкции сооружений необходимо наличие хотя бы одного признака, приведенного в графах 2 и 3 нормативных таблиц 6 – 20, приведенных в Справочном пособии (2004).

Таблица 13.1 – Категории технического состояния сооружения

Категория техничес- кого состояния	Описание технического состояния	Отно- сите- льная наде- жность	Повре- жден- ность
1	Хорошее. Исправное состояние конструкций. Отсутствуют	1	0

	видимые повреждения. Выполняются все требования действующих норм и проектной документации. Необходимости в ремонтных работах нет.		
2	Удовлетворительное. Работоспособное состояние конструкций. Поврежденность слабая. Несущая способность конструкций обеспечена, требования норм по предельным состояниям II группы и долговечности могут быть нарушены, но обеспечиваются нормальные условия эксплуатации. Требуется устройство антикоррозийного покрытия, устранение мелких повреждений.	0,95	0,05
3	Не совсем удовлетворительное. Ограничено работоспособное состояние конструкций. Поврежденность средняя. Существующие повреждения свидетельствуют о снижении несущей способности отдельных конструкций. Для продолжения нормальной эксплуатации требуется ремонт по устранению поврежденных конструкций.	0,85	0,15
4	Неудовлетворительное. Неработоспособное состояние конструкций. Поврежденность сильная. Существующие повреждения свидетельствуют о непригодности к эксплуатации конструкций. Требуется капитальный ремонт с усилением конструкций. До проведения усиления необходимо ограничение действующих нагрузок. Эксплуатация возможна только после ремонта и усиления.	0,75	0,25
5	Аварийное состояние. Существующие повреждения свидетельствуют о возможности обрушения конструкций. Требуется немедленная разгрузка конструкций и устройство временных креплений, стоек, подпорок, ограждений опасной зоны. Ремонт в основном проводится с заменой аварийных конструкций.	0,65	0,35

13.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Прочсть и осмыслить теоретическое обоснование работы.
2. Проанализировать причины изменения общего коэффициента надежности сооружения со временем по графику рисунка.
3. Изучить таблицу категорий технического состояния сооружений.
4. По имеющимся конструкциям определить их относительную надежность, поврежденность и категорию технического состояния.
5. Привести примеры категорий технического состояния известных студенту зданий и сооружений и объяснить, как была определена эта категория.

13.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; анализ графика изменения надежности

сооружения со временем; принцип оценки категорий по техническому состоянию (таблица); пример определения технического состояния объекта по данным визуального обследования.

13.5. Вопросы для защиты работы

1. Как определяется относительная надежность конструкций сооружения по данным визуального обследования?
2. Что выражают относительная надежность и поврежденность конструкций? Как они взаимосвязаны между собой?
3. Объяснить график изменения надежности сооружения со временем вследствие постепенных отказов.
4. Как изменится график в результате внезапных отказов (при сейсмических воздействиях, просадке грунта и т. д.)?
5. Назвать категории технического состояния сооружений.
6. Определить категорию технического состояния учебных корпусов СКФУ.

Практическая работа 14

Оценка разрушения сооружений вследствие внезапных отказов

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

14.1. Цель и содержание

Цель работы – рассмотреть основные ошибки, приводящие к разрушениям зданий и сооружений при внезапных отказах.

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.

14.2. Теоретическое обоснование

Как показала практика анализа тяжелых аварийных ситуаций, оценка разрушения сооружений вследствие внезапных отказов является весьма трудным и ответственным мероприятием. Во многих случаях не удается установить подлинные и конкретные причины аварийных деформаций, и эксперты ограничиваются гипотетическим объяснением их причин.

Кроме того, разрушение сооружений часто происходит в результате не одной, а нескольких ошибок (причин), дополняющих друг друга в негативном процессе.

Аварийное состояние и разрушение сооружений может возникнуть за счет ошибок на любой стадии их строительного процесса и эксплуатации.

Условно можно определить следующие ошибки, приводящие к внезапным отказам: 1) *недоработка строительных нормативов*; 2) *ошибки на стадии инженерных изысканий*; 3) *ошибки проектировщиков*; 4) *ошибки экспертизы, рассмотревшей проект*; 5) *ошибки (отступление от проекта) на стадии строительства объекта*; 6) *ошибки при эксплуатации объекта*.

14.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Прочсть и осмыслить литературу, приложенную к данной работе.
2. Выбрать из списка литературы характерные ошибки, присущие строительству в Северо-Кавказском регионе и, в частности, в

Ставропольском крае.

3. При описании аварийных и деформированных объектов можно воспользоваться отчетом по инженерно-геологической практике, проходящей на территории г. Ставрополя, или материалами по месту проживания студента.

4. Если не удастся выделить главную причину деформации объекта, надо попытаться объяснить механизм взаимодействия разных факторов-причин. Возможная ошибка в определении причины при этом анализе будет исправлена преподавателем.

5. Особое внимание уделить сейсмическому фактору региона, используя результаты практических работ 1 и 2.

14.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; анализ ошибок, приводящих к внезапным отказам; анализ ошибок, связанных со специфическими грунтами и сейсмическими условиями региона; мероприятия по исправлению ошибок, приводящих к внезапным отказам.

14.5. Вопросы для защиты работы

1. Назвать возможные ошибки, приводящие к отказам несущих конструкций и авариям зданий и сооружений.

2. Какую группу наиболее важных факторов следует учитывать при строительстве и эксплуатации зданий в нашем регионе?

3. В чем причины роста аварийных ситуаций в Ставропольском крае?

4. Привести примеры и проанализировать наиболее яркие аварийные и потенциально аварийные ситуации в Ставрополе и крае.

5. Какие следует назначать противодеформационные мероприятия для повышения надежности строительства в Ставропольском крае?

Практическая работа 15

Прогнозирование вероятности аварий

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

15.1. Цель и содержание

Цель работы – ознакомить студента с экспертной оценкой строительного объекта.

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.

15.2. Теоретическое обоснование

Анализ аварийных ситуаций показывает, что они часто, но не всегда, прямо или косвенно связаны с нарушением строительных норм и правил.

Обычно считается, что соблюдение строительных норм гарантирует высокую, практически 100%-ую надежность сооружения. Это положение нельзя принимать как абсолютную истину, особенно при строительстве в сейсмических районах и на специфических грунтах Северо-Кавказского региона. Можно привести немало примеров, когда, казалось бы, были соблюдены действующие строительные нормы, которые затем оказались ненадежными и пришлось их корректировать на правительственном уровне (завод «Атоммаш» в г. Волгодонске; известны массовые деформации жилых домов, построенных на сваях и на просадочных грунтах, и др.).

Как известно, строительные нормы отражают прошлый опыт строительства, оплаченный дорогой ценой проб и ошибок.

Основополагающий СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов строительстве» указывает: *«нормативные документы должны не предписывать, как проектировать и строить, а устанавливать требования к строительной продукции, которые должны быть удовлетворены, или цели, которые должны быть достигнуты в процессе проектирования и строительства. Способы достижения поставленных целей в виде технологических решений должны носить рекомендательный характер»*.

Этим положением федеральный норматив развязывает руки для творческой деятельности и поощряет технический прогресс в строительстве.

Другой СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты» (п.1.12) *«допускает при соответствующем обосновании назначать способы производства работ и технические решения, отличающиеся от предусмотренных настоящим правилами».*

Таким образом, действующие СНиПы не ограничивают применение новых технологий и творчество в строительстве.

В связи с тем, что аварийное состояние и разрушение сооружений могут возникнуть на любой стадии строительного процесса, который часто носит сложный характер, определение вероятности аварий производят на основе экспертных оценок.

Опросная анкета, на которую отвечают эксперты, содержит ряд оценочных условий, каждое из которых имеет свой удельный вес, с общей суммой всех условий, равной 1 (табл. 15.1).

При необходимости может быть проведен анализ только надежности проекта, а число условий может быть дополнено или изменено.

Каждое условие оценивается по балльной шкале и имеет 5 вариантов ответа: 1 (неприемлемо), 2 (неудовлетворительно), 3 (удовлетворительно), 4 (хорошо), 5 (отлично).

Условную надежность здания или сооружения определяют по формуле:

$$\beta = \sum P_i / 5, \quad (15.1)$$

где P_i – удельная оценка надежности, получаемая умножением удельного веса условия на оценку в баллах.

Полученные значения для сооружения сравнивают со шкалой оценок надежности (табл. 15.1).

Таблица 15.1 – Шкала оценок надежности и вероятности аварии сооружений при экспертных оценках

Условная надежность β	Вероятность (частота) аварий в год	Словесная шкала оценки надежности
1	10^{-6}	Хорошая
0,8	10^{-5}	Удовлетворительная
0,6	10^{-4}	Неудовлетворительная
0,4	10^{-3}	Недопустимая

Хотя определение подверженности сооружений аварии по указанной выше методике может быть выполнено довольно приблизительно, однако

преимуществом указанной методики является меньшая зависимость ее от субъективных оценок.

Для более достоверных оценок надежности сооружения против аварии их оценку осуществляют несколькими независимыми экспертами.

В случае неблагоприятного прогноза назначаются дополнительные меры по проверке качества проектирования, строительства и эксплуатации с целью выявления и устранения дефектов.

Пример

Требуется оценить надежность и вероятность аварии железобетонного силоса для цемента по исходным данным.

Исходные условия и цели

Силосный корпус, состоящий из цилиндрических силосов, был построен по типовому проекту, разработанному в 1950 г. Высота силоса – 26,7 м, внутренний диаметр – 9,5 м, толщина стенки – 18 см, бетон марки 140. Разгрузку силосов производили пневматическим способом.

На основании сведений, полученных экспертом на предприятии, было установлено следующие:

- качество материалов при строительстве силоса проверялось нерегулярно;
- строительная организация не имела опыта строительства силосов в скользящей опалубке;
- должностной контроль за качеством строительства не осуществлялся;
- строительство велось неквалифицированными кадрами, руководство строительством не имело высшего технического образования;
- в процессе производства работ допускались длительные перерывы при бетонировании стенок силосов в подвижной опалубке, укладку арматуры производили не по шаблону.

При эксплуатации силосов имелаась вероятность превышения нагрузок от избыточного давления воздуха при разгрузке силосов, так как это давление никак не контролировалось.

Приемка силосов в эксплуатацию была проведена с нарушением правил без загрузки всех силосов для выравнивания осадок; производилась эксплуатация силосов с трещинами в нарушение предписания об остановке их эксплуатации.

На основании опыта обследований, эксплуатации и аварий аналогичных сооружений экспертом необходимо провести оценку условной надежности силоса.

Сводим оценку условной надежности силоса в таблицу

15.2.

Условная надежность силоса $\beta = R/5 = 2,15/5 = 0,43$.

В соответствии с табл. 3 условная надежность $\beta = 0,43$ соответствует вероятности аварии в год и составляет $Q = 10^{-3}$, что говорит о недопустимой надежности сооружения.

Фактически силос разрушился через год с начала эксплуатации из-за разрыва кольцевой арматуры в стенах вследствие занижения ее сечения в 2 раза по сравнению с проектом.

Таблица 15.2 – Экспертная оценка надежности силоса*

Условие надежности	Уд. вес усл.	Оценка в балла х					Уд. надеж- ность	Обоснование принятого решения
		1	2	3	4	5		
Качество проекта								
1. Соответствие расчетной модели сооружения и нагрузок действительной работе	0,05			3			0,15	Недостаточно в нормах был изучен коэффициент давления при выпуске сыпучего материала
2. Апробированность конструктивного решения	0,05				4		0,2	Имелся опыт строи-тельства аналогичных сооружений
3. Учет требований нормативных документов	0,05				4		0,2	Типовой проект
4. Квалификация проектировщиков	0,1				4		0,4	Типовой проект
5. Наличие достаточного времени и средств на проектирование	0,05				4		0,2	Типовой проект
Качество строительства								
6. Соответствие материалов и конструкций проекту	0,1	1					ОД	Допускались перерывы в бетонировании. Укладка арматуры проводилась не по шаблону
7. Апробированность методов строительства	0,05		2				0,1	Организация не имела опыта строительства
8. Контроль качества строительства	0,1		2				0,2	Качество проверялось нерегулярно
9. Квалификация кадров	од	1					0,1	Строительство велось неквалифи-цированными кадрами

10. Достаточность времени и средств на строительство	0,05			3		0,15	Строительство велось в сжатые сроки
11. Отсутствие отступлений от норм и проекта	од	1				0,1	Не была проведена пробная загрузка перед эксплуатацией
Качество эксплуатации							
12. Отсутствие завышения проектных нагрузок	0,05		2			0,1	Давление воздуха при пневморазгрузке не контролировалось
13. Контроль за исправностью сооружения и оборудования	0,05	1				0,05	То же
14. Соблюдение правил эксплуатации	од	1				0,1	Эксплуатация с опасными повреждениями
	1=1					P=2,15	

*1 – неприемлемо, 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично

15.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Прочсть и осмыслить теоретическое обоснование работы и литературу, приложенную к данной работе.
2. Определить условия, влияющие на вероятность аварии сооружения.
3. Оценить каждое условие по балльной шкале и 5 вариантам.
4. Выполнить экспертную оценку надежности объекта по описанному примеру.

15.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; характеристику условий, влияющих на вероятность аварии объекта; балльную шкалу и экспертную оценку надежности сооружений.

15.5. Вопросы для защиты работы

1. В чем главная трудность прогнозирования вероятности аварий?
2. Почему для прогнозирования аварий следует применять экспертно- балльную оценку прогнозирования аварий?
3. Объяснить шкалу оценок надежности и вероятности аварий сооружений при экспертных оценках.
4. Объяснить методику экспертной оценки надежности строительного объекта.
5. Какие могут быть ошибки при экспертной оценке прогнозирования аварий?

Практическая работа 16

Исследование надежности конструктивных систем сооружений при проектировании

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-4	Способен осуществлять моделирование и расчетный анализ для проектных целей и обоснования надежности и безопасности объектов градостроительной деятельности
------	--

16.1. Цель и содержание

Цель работы – ознакомить студента с методикой оценки проектируемых строительных систем.

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.

16.2. Теоретическое обоснование

Помимо экспертных оценок, надежность проекта сооружений может быть точно установлена из анализа сооружения как конструктивной системы, состоящей из отдельных конструкций, связанных между собой в определенной последовательности и находящихся во взаимодействии с различными событиями. Многолетний опыт строительства показывает, что различные конструктивные системы одинакового назначения могут обладать различной надежностью.

Аварии обычно случаются тогда, когда один или несколько отказов элементов системы приводят к опасной ситуации.

Решение сложной проблемы установления отказа всей системы производится методом ее упрощения путем построения так называемого логического дерева отказов.

Дерево отказов является графическим представлением взаимосвязей между исходными отказами отдельных элементов системы и событиями, приводящими к возникновению различных аварийных ситуаций, соединенных логическими знаками «и», «или».

Исходными отказами являются события, для которых имеются данные о вероятности их возникновения. Обычно это отказы элементов системы: разрушения конструкций и узлов соединения конструкций, различные иницирующие события (ошибки персонала при эксплуатации, случайные повреждения и т. п.).

В дереве отказов события записываются в прямоугольниках, а исходные отказы – в кружках.

Логический знак может иметь один или несколько входных событий и только одно выходное событие. Выходное событие логического знака «и» наступает в том случае, если входные события происходят одновременно. Выходное событие логического знака «или» происходит, или имеет место любое из входных событий.

Установление надежности сооружения начинают с предварительного анализа опасностей, которые затем используют при построении дерева отказов.

Анализ проводят на основе изучения процесса работы и эксплуатации конструктивной системы, детального рассмотрения воздействий окружающей среды, существующих данных по отказам аналогичных сооружений.

Прежде всего определяют, что является отказом системы, и вводят необходимые ограничения на анализ. Например, устанавливают необходимость учета землетрясений, аварий оборудования, рассмотрения только начального отказа сооружения (отказа в начальный срок эксплуатации) или отказа в течение всего срока службы и т. п.

Затем выявляют элементы системы, которые могут вызвать опасные состояния – конструкции, узлы соединений, основание сооружения, инициирующие события. При этом ставят вопрос о том, что будет с системой, если произойдет отказ определенного элемента.

Для того чтобы получить количественную оценку надежности с помощью деревьев отказов, нужно иметь данные об исходных отказах. Эти данные могут быть получены на основе опыта эксплуатации отдельных строительных объектов, экспериментов и экспертных оценок специалистов.

Построение дерева отказов производят с соблюдением определенных правил.

Вершина дерева обозначает конечное событие. Абстрактные события заменяются на менее абстрактные события. Например, событие «авария резервуара» заменяется на менее абстрактное событие «разрушение резервуара».

Сложные события разделяют на более элементарные. Например, «отказ резервуара», который может произойти в течение срока его службы, разделяют на отказ в стадии испытания, и отказы в первые и последующие 20 лет эксплуатации. Такое разделение вызвано различными причинами отказов: начальной надежностью сооружения и накоплением повреждений в результате длительной эксплуатации.

При построении дерева отказов с целью упрощения обычно не включают события с очень малой вероятностью.

Количественным показателем отказа системы является вероятность возникновения одного отказа в течение принятого срока эксплуатации.

Надежность системы определяется выражением:

$$P = 1 - Q. \quad (16.1)$$

Если система состоит из i элементов, соединенных с помощью знака

«или», ее отказ будет определяться как:

$$Q = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2) \dots (1 - q_i), \quad (16.2)$$

где q_i – вероятность отказа i -го элемента системы.

При малой величине q_i формулу (16.2) можно приближенно выразить как:

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_i. \quad (16.3)$$

Для системы или подсистемы из i элементов, соединенных знаком «и», отказ будет

$$Q = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_i. \quad (16.4)$$

16.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Прочсть и осмыслить теоретическое обоснование работы и литературу, приложенную к данной работе.
2. Определить условия, влияющие на вероятность аварии сооружения.
3. Оценить каждое условие по балльной шкале и 5-ти вариантам.
4. Выполнить экспертную оценку надежности объекта по указанной методике.

16.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; характеристику условий, влияющих на вероятность аварии объекта; балльную шкалу и экспертную оценку надежности сооружений.

16.5. Вопросы для защиты работы

1. В чем главная трудность прогнозирования вероятности аварий?
2. Почему для прогнозирования аварий следует применять экспертно- балльную оценку прогнозирования аварий?
3. Объяснить шкалу оценок надежности и вероятности аварий сооружений при экспертных оценках.
4. Объяснить методику экспертной оценки надежности строительного объекта.

5. Какие могут быть ошибки при экспертной оценке прогнозирования аварий?

Практическая работа 17

Экономическая оценка ущерба от отказов конструкций

17.1. Цель и содержание

Цель работы – ознакомить студента с методикой экономической оценки ущерба от отказов конструкций строительных систем.

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.

17.2. Теоретическое обоснование

Изменение технического состояния элементов зданий в период эксплуатации, вызванное как износом материала, так и отказами конструкций, требует ремонта и затрат на их выполнение. Требования надежности и экономичности строительных конструкций находятся в противоречии: повышение надежности связано с удорожанием конструкций и, наоборот, удешевление конструкций приводит к снижению уровня надежности. В такой ситуации неизбежны компромиссные решения. Оптимальный уровень надежности определяется, исходя из условия минимума ожидаемых затрат на строительство и эксплуатацию (включая все виды ремонта) здания. Отсюда ясно, что целью поисков является не максимально возможная надежность, а нахождение оптимального компромисса между приведенными затратами и надежностью (рис. 17.1).

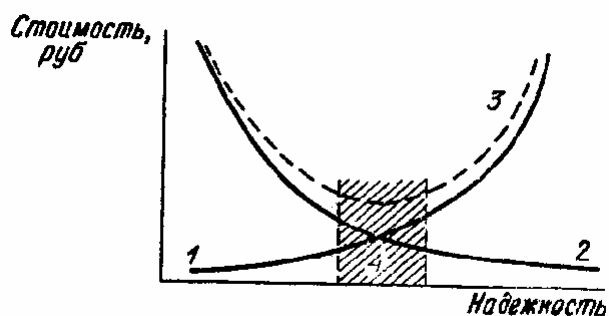


Рисунок 17.1 – Схема определения оптимального уровня

надежности: 1 – капиталовложения; 2 – эксплуатационные расходы;
3 – приведенные затраты; 4 – зона оптимального решения

Очевидно, что результаты этого компромисса зависят от важности объекта, типа эксплуатации, степени риска. В определении оптимального уровня надежности с экономической точки зрения для каждого вида отказа должен быть установлен убыток или ущерб, причиняемый этим отказом. Зная вероятность появления отказов, можно определить ожидаемую величину общего ущерба и в сочетании с первоначальной стоимостью сооружения найти оптимальные коэффициенты запаса. Такой подход получил значительное развитие в последние два десятилетия. В связи с постоянным усовершенствованием расчетов, появлением все новых возможных отказов и их критериев предлагается ввести функцию ущерба:

$$Y = Y(a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m), \quad (17.1)$$

где a_i ($i = 1, 2, \dots, n$) – параметры, определяющие состояние конструкции: величины нагрузок и других воздействий, а также различного рода характеристики, влияющие на вероятность появления дефектов.

Параметры a_i представляют собой случайные величины или экстремальные значения случайных функций за заданный срок службы сооружения. В случае, если разрушение конструкции является следствием накопления повреждений, в число параметров a_i должны входить все значения функции нагрузки, взятые через определенные промежутки времени. В функцию ущерба входят также детерминированные величины b_i , определяющие размеры конструкции и первоначальные затраты. Задачей расчета является определение оптимальных значений b_i при условии минимума ожидаемого ущерба Y .

Устранение отказа заключается в ремонте или замене несущей конструкции и ликвидации постороннего ущерба, вызванного этим отказом:

$$u = v \cdot C_0 + u_0, \quad (17.2)$$

где $v \leq 1$ – коэффициент, показывающий, какую часть стоимость ремонта составляет от стоимости конструкции; u_0 – стоимость устранения последствий, вызванных отказом конструкции; C_0 – стоимость конструкции.

Рассматривая эксплуатацию сооружения как последовательность возможных переходов системы из состояния в состояние через период времени τ , равный, например, одному году, можно предположить, что характер перехода будет таким, что все будущее поведение системы зависит лишь от ее настоящего состояния и не зависит от ее прошлого

поведения. Таким образом, считая эксплуатацию сооружения стационарным дискретным марковским процессом в течение n_t лет, подсчитаем математическое ожидание затрат:

$$C = C_0 + C_1 \pi_1 n P_{10} + C_2 \pi_2 n P_{20} + \dots + C_m \pi_m n P_{m0}, \quad (17.3)$$

где C_0 – стоимость возведения конструкции; $\pi_i n$ – среднее число отказов вида за весь срок эксплуатации.

Затраты C_i производятся при восстановлении или ремонте, что происходит с вероятностью P_{i0} (переход системы из состояния Ω_i в состояние Ω_0). Предполагая, что величины $C_0, C_1, \dots, C_m$, а также переходные вероятности P_{if} зависят от коэффициента запаса ξ , можно найти оптимальное значение коэффициента запаса ξ_0 из условия минимума предложенного выражения. Определение приведенных затрат на строительство и эксплуатацию здания при недостаточности исходных данных представляет собой сложную задачу и в большинстве случаев является достаточно приближенной.

Проводимые в процессе эксплуатации зданий профилактические мероприятия содержат несколько видов работ. Основным назначением одних является поддержание работоспособности на сравнительно небольших отрезках времени. При этом выполняется контроль технического состояния, регулирования, а также ремонтные операции небольшого объема.

Целью других работ является восстановление работоспособности помещений зданий на длительные промежутки времени, что составляет понятие ремонта, включающее восстановление или замену конструкций или элементов. Вся совокупность работ по обслуживанию и ремонту зданий в процессе их эксплуатации объединена в систему обслуживания и ремонта, которая, как правило, должна осуществляться в профилактическом порядке.

Оценивая объемы и виды ремонта зданий, следует отметить, что затраты на текущий ремонт конструкции носят непрерывный характер, а затраты на капитальный ремонт – дискретный характер. При этом капитальный ремонт может быть как комплексным, охватывающим несколько типов конструкций и большое их количество, так и выборочным, охватывающим небольшое число отдельных элементов или конструкций.

Исследования показывают взаимосвязь и взаимозависимость объемов и стоимости работ при ремонтах от продолжительности межремонтных периодов. Так, для здания в целом с увеличением межремонтного периода: увеличивается поток отказов конструкций, ухудшаются эксплуатационные показатели; увеличиваются затраты как на непредвиденный выборочный

ремонт, так и на профилактический ремонт, растет единовременная стоимость ремонтов. Таким образом, система ремонтов зданий требует совмещения противоречивых требований, решение которых может быть найдено лишь на основе комплексного системного подхода.

17.3. Методика и порядок выполнения работы

1. Прочсть и осмыслить теоретическое обоснование работы и литературу, приложенную к данной работе.
2. Просчитать экономический ущерб от отказов конструкций по предложенной в теоретическом обосновании методике (задание выдается преподавателем индивидуально).
3. Оценить экономический ущерб от отказов различных конструкций.

17.4. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; характеристику условий, влияющих на экономический ущерб от отказов конструкций; оценка экономического ущерба от отказов различных конструкций.

17.5. Вопросы для защиты работы

1. В чем главная трудность просчета экономического ущерба от отказов конструкций?
2. Какие параметры, определяющие состояние конструкций, являются наиболее важными при оценке экономического ущерба.
3. Объяснить математическое ожидание затрат с помощью стационарного дискретного марковского процесса.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Леденев, В. В. Аварии, разрушения и повреждения. Причины, последствия и предупреждения : монография / В. В. Леденев, В. И. Скрылев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 440 с. — ISBN 978-5-8265-1798-7.
2. Леденёв, В. В. Строительство и механика : справочник / В. В. Леденёв. — 2-е изд. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 444 с. Электронно-библиотечная система

IPR BOOKS : [сайт].

Дополнительная литература

1. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. Текстовые документы, ЕСКД. Основные положения.: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
2. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах / Госстрой РФ. – М.: АПП ЦИТП, 2000.
3. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения. М.: Минстрой России, 1996.
4. СНиП 3.02.01-83*. Основания и фундаменты / Госстрой РФ. – М.: АПП ЦИТП, 2000.

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО
ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Проектирование зданий и сооружений в особых условиях
строительства и эксплуатации**

Направление подготовки	08.04.01 – Строительство
Направленность (профиль)	Теория и проектирование зданий и сооружений

Ставрополь

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:

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

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;

y_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 обрез фундамента в расчетном направлении при особом сочетании нагрузок;

N_I^ϕ – нагрузка от веса фундамента;

N_I^{2p} – 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 $1 \geq \frac{b}{l} \geq 0,2$ 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;

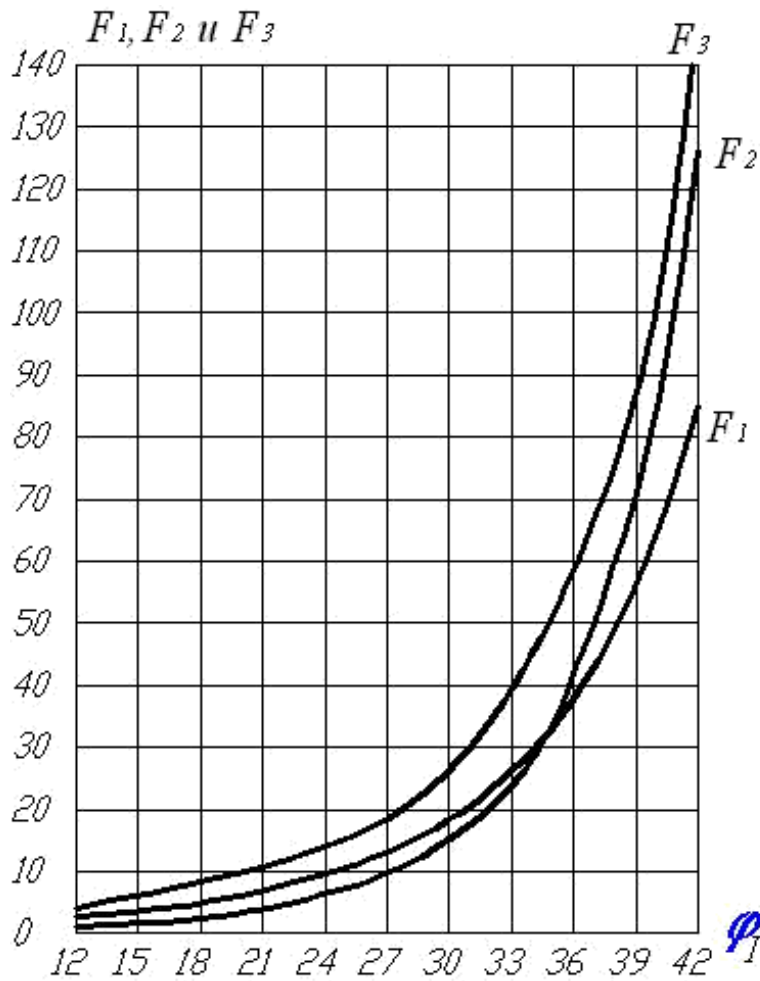


Рис. 1. Графики для определения коэффициентов F_1, F_2, F_3 .

В формуле (3) при $e_a > e_u$ 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 e_a расчетной нагрузки не превышает одной трети ширины фундамента b в плоскости действия опрокидывающего момента, то есть выполняется условие:

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

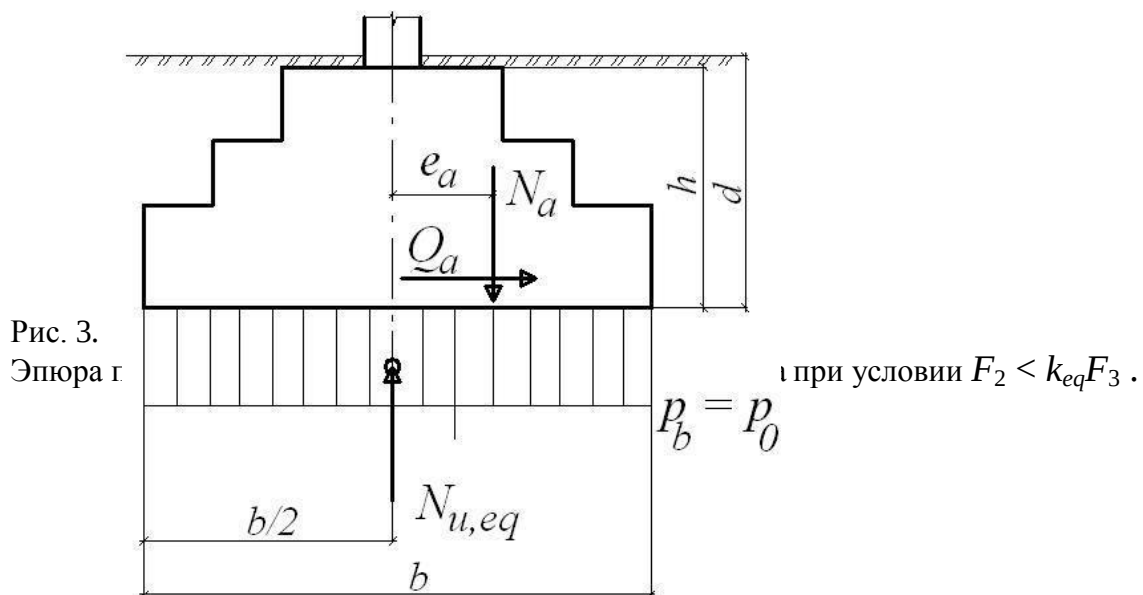
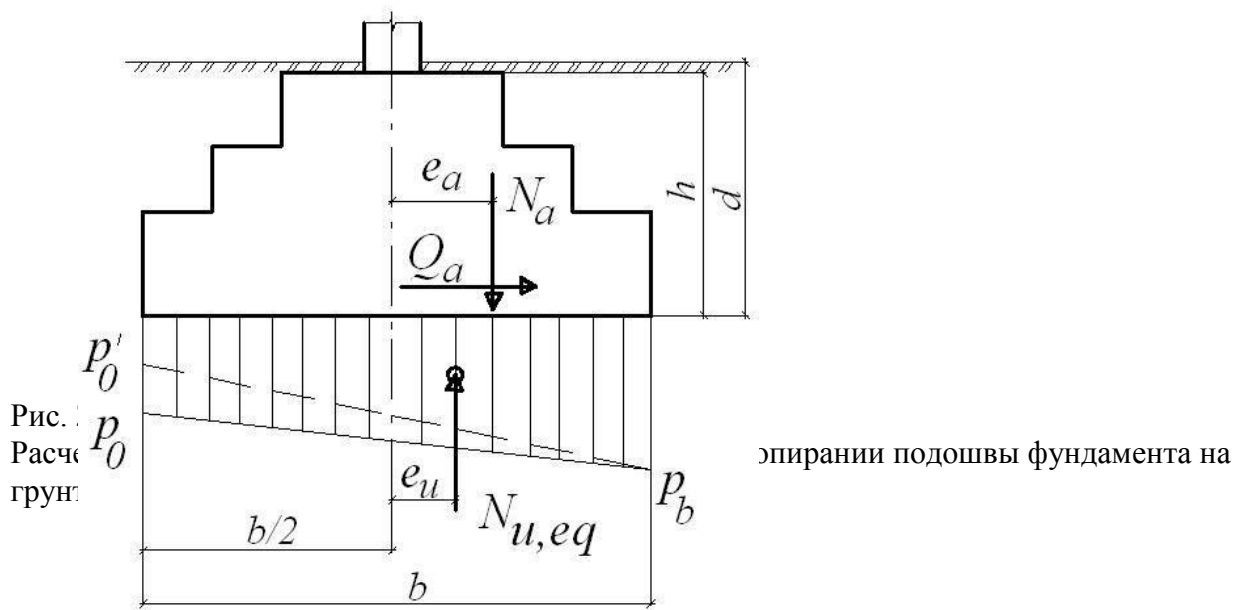
- максимальное краевое давление под подошвой фундамента, вычисленное с учетом его неполного контакта с грунтом, не превышает краевой ординаты эпюры предельного сопротивления основания. То есть:

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

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:

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



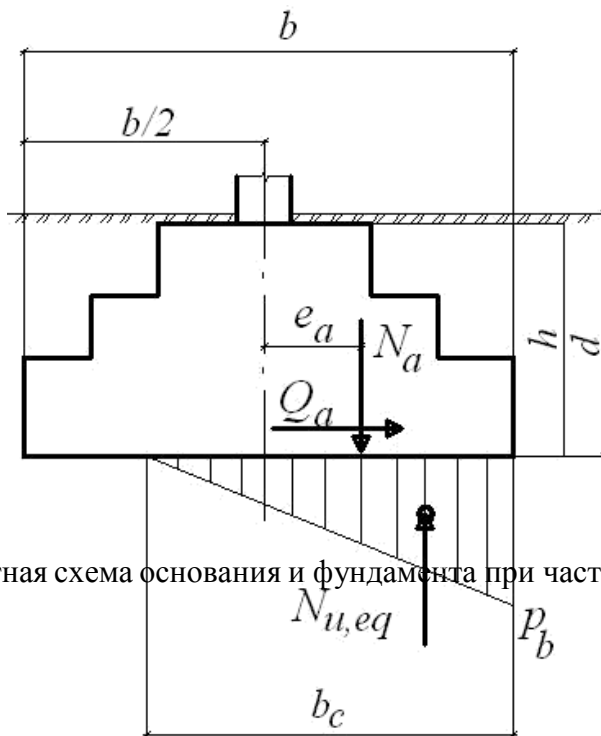


Рис. 4.
Расчетная схема основания и фундамента при частичном отрыве.

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 сейсмики;

$\Delta\varphi_I$ – 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 - $\Delta\varphi_I = 7^\circ$.

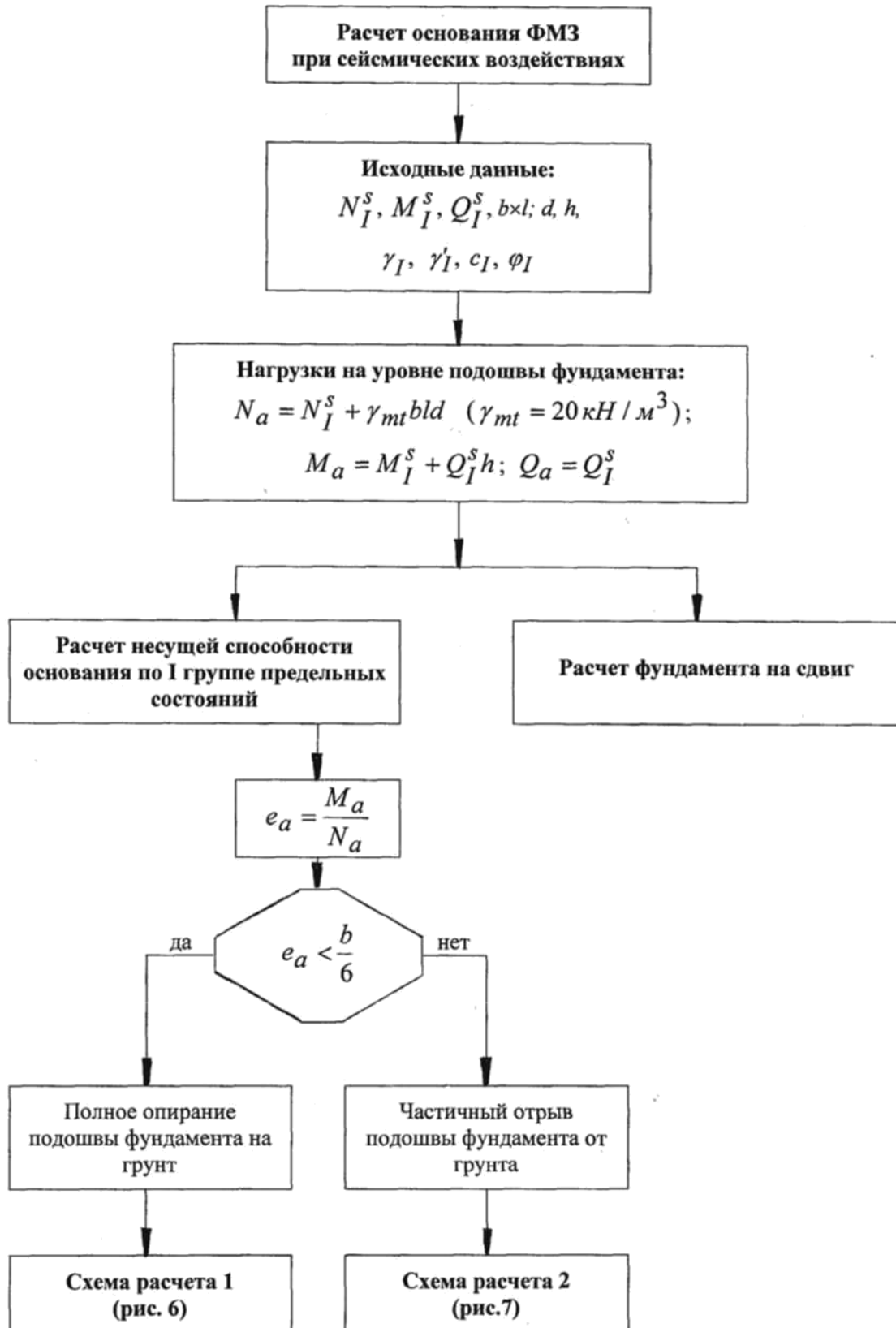


Рис. 5. Укрупненная блок – схема расчета основания фундамента на особое сочетание нагрузок (с учетом сейсмических воздействий)

Схема расчета 1

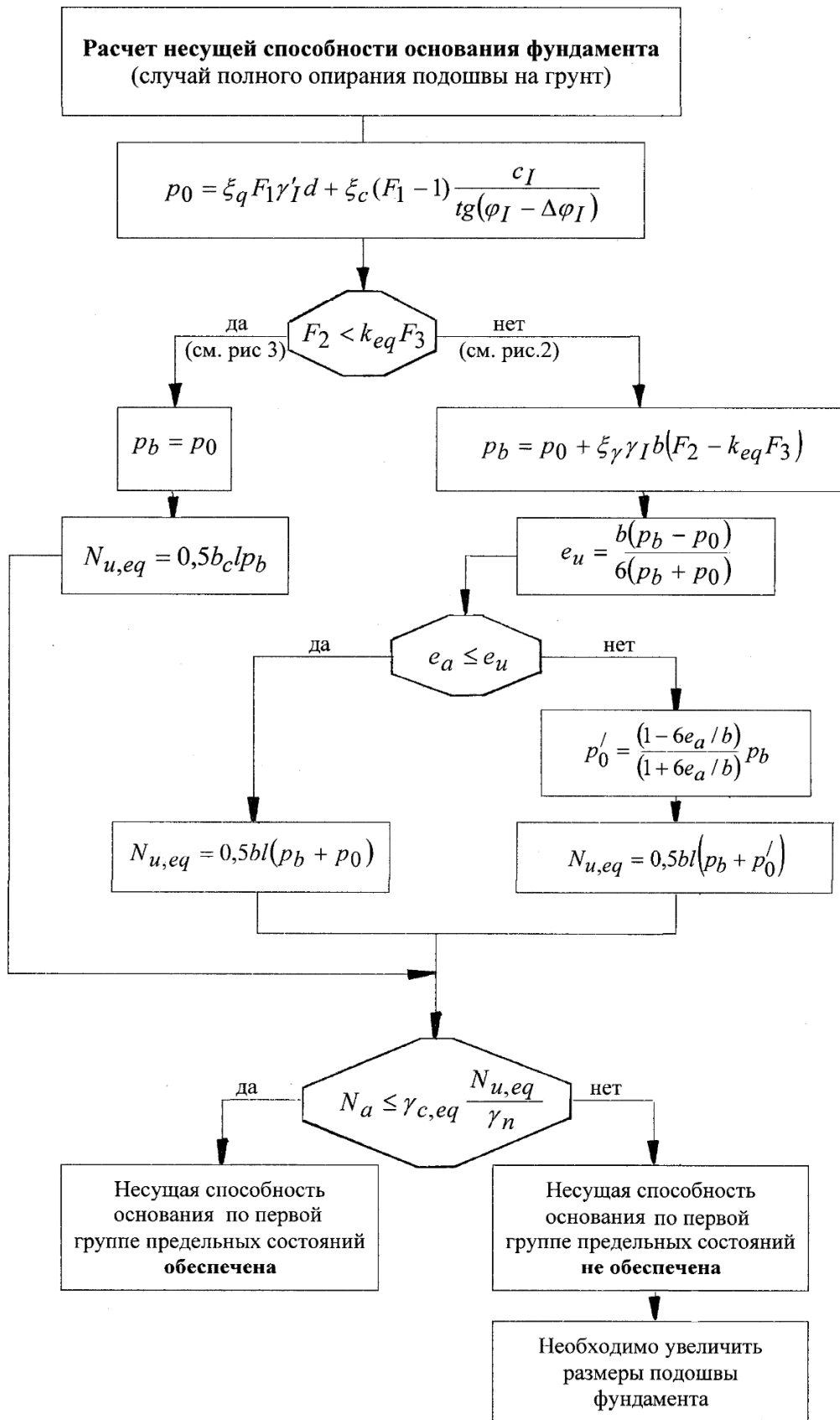


Рис. 6. Блок – схема расчета несущей способности основания фундамента с учетом сейсмических воздействий при полном опирании подошвы на грунт.

Схема расчета 2

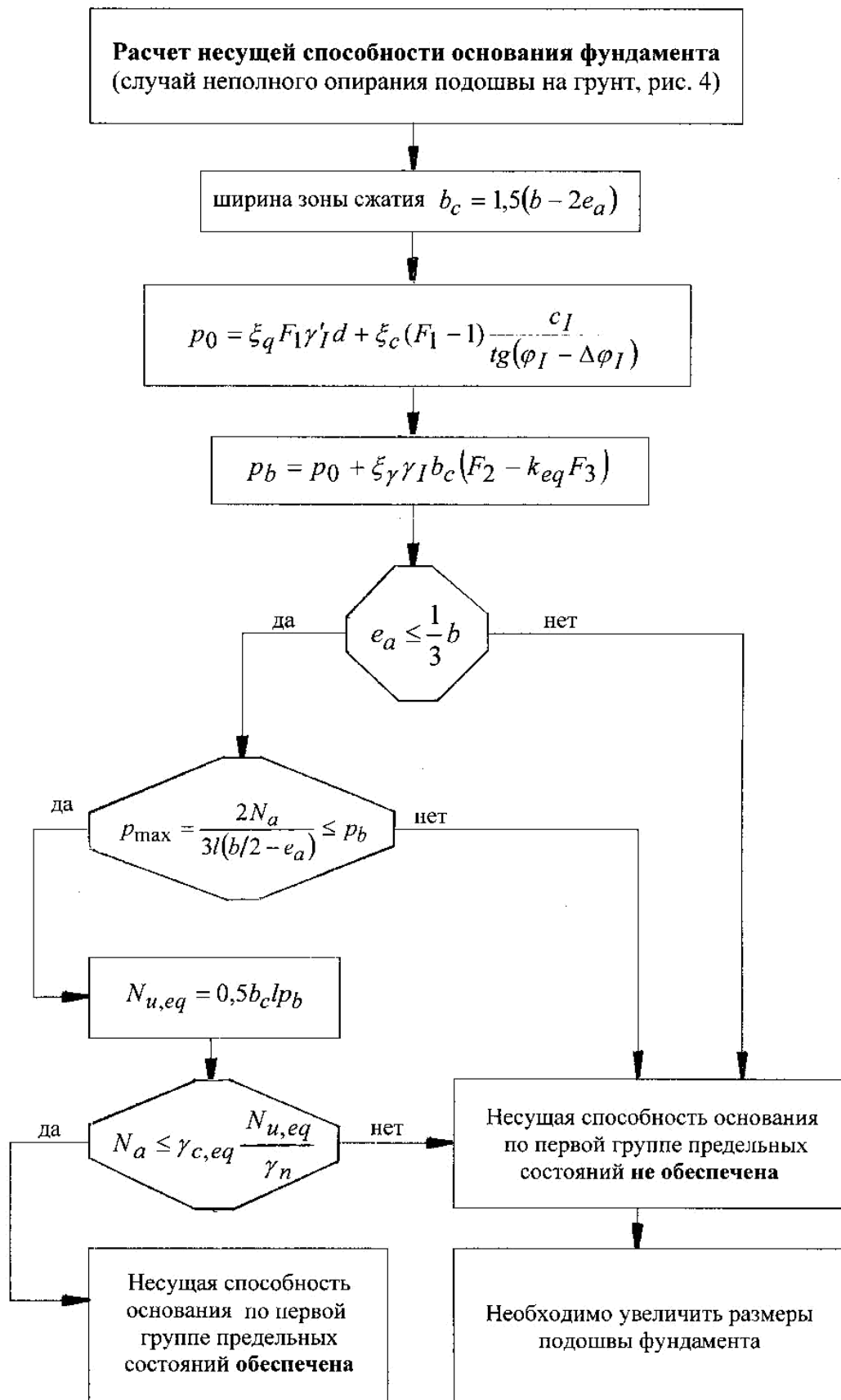


Рис. 7. Блок – схема расчета несущей способности основания фундамента с учетом сейсмических воздействий при частичном отрыве подошвы от грунта.

Исходные данные для решения задачи

Вариант (в соответствии 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
Расчетная сейсмичность площади	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
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
Нагрузки на обрез при особом сочетании N^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
M_l^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
Q_R^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
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
Высота фундамента h , м	1,2	1,58	1,8	2,1	2,4	0,9	1,5	1,2	1,58	1,8	2,1	2,4	0,9	1,5	1,2	1,58	1,8	2,1	2,4	0,9	1,52	1,8	1,8	2,1	2,4
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

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
Расчетный угол внутреннего трения несущего слоя грунта, φ_I , 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
Расчетное удельное сцепление грунта C_I , 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
γ и γ_I , 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
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

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

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 обрешетку 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 особых нагрузках.

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.

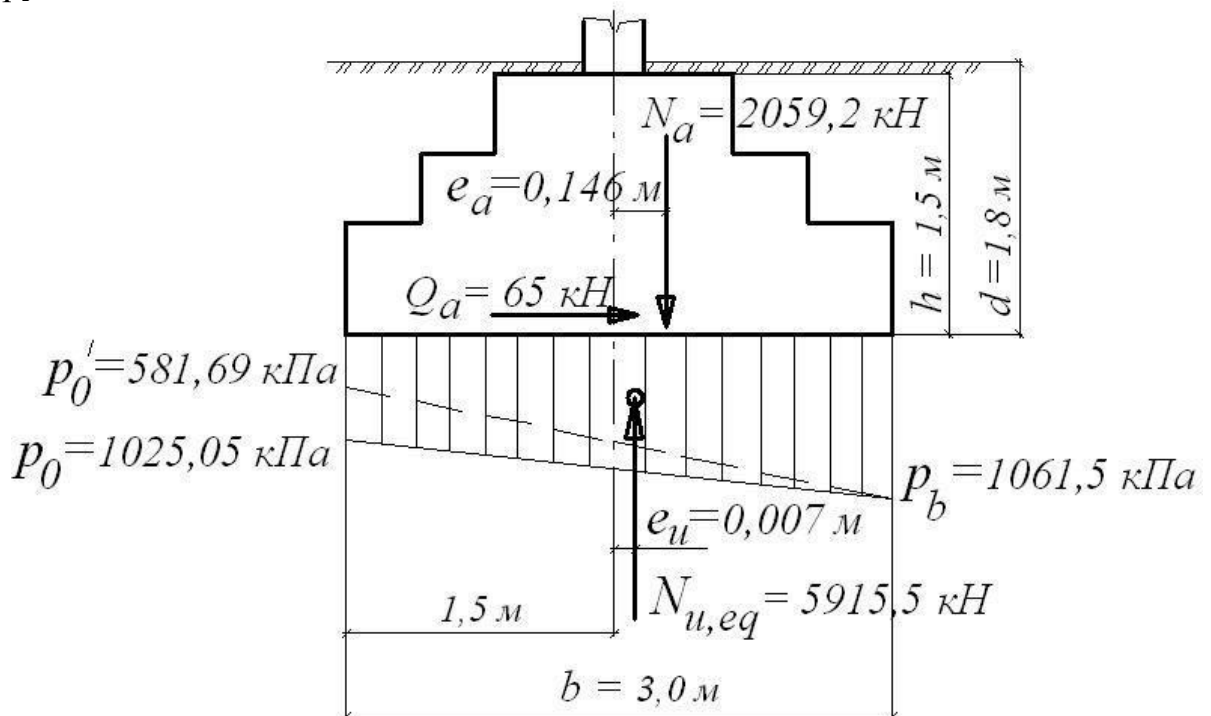


Рис.8. Расчетная схема основания и фундамента

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 обрез фундамента при особом сочетании:

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

- 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:

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

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

$$Q_a = 76 \text{ кН}.$$

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

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:

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

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

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

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

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

$$p_o = 1236,09 \text{ кПа};$$

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

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

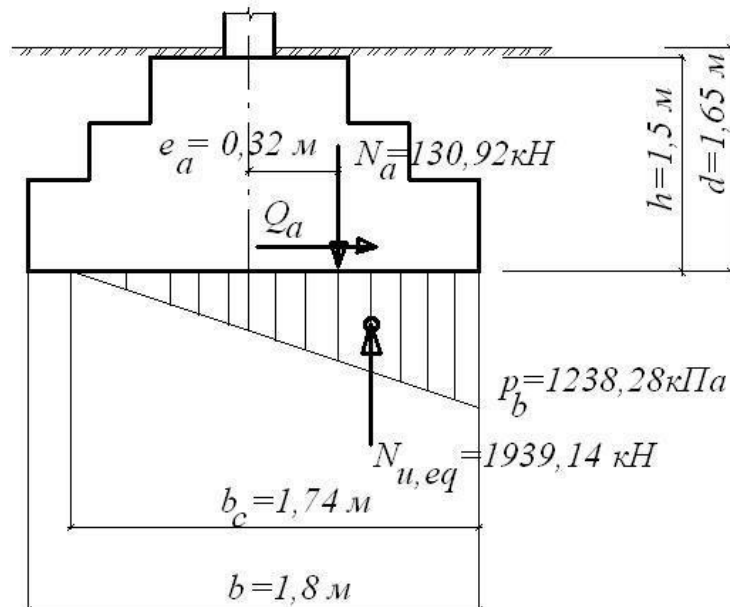


Рис.9. Расчетная схема основания и фундамента.

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):

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

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

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Область применения свайных фундаментов в сейсмических районах в основном та же, что и в несейсмических. При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах нижние концы свай следует опирать на скальные грунты, крупнообломочные грунты, плотные и средней плотности пески, твердые, полутвердые и тугопластичные глинистые грунты ($I_L \leq 0,5$). Опирающие нижние концы свай на рыхлые пески, глинистые грунты мягкопластичной, текучепластичной консистенции ($I_L > 0,5$) не допускается.

Величина заглубления в грунт свай в сейсмических районах должна быть не менее 4 м, а при наличии в основании нижних концов свай водонасыщенных песков средней плотности – не менее 8 м. Допускается уменьшение заглубления свай при соответствующем обосновании, полученном в результате полевых испытаний свай имитированными сейсмическими воздействиями. Для одноэтажных сельскохозяйственных зданий, не содержащих ценного оборудования, и в случае опирания свай на скальные грунты их заглубление в грунт принимают таким же, как и в несейсмических районах.

Для свайных фундаментов в сейсмических районах следует применять сваи всех видов, кроме свай без поперечного армирования и булавовидных. Не допускается также применение бетонных свай (свай, не имеющих арматурных каркасов по всей длине свайного ствола).

Буронабивные сваи в сейсмических районах следует устраивать в мало-влажных устойчивых грунтах при диаметре свай не менее 40 см и отношении их длины к диаметру не более 25. При этом необходимо вести строгий контроль за качеством изготовления свай, гарантирующий точное соответствие их формы и размеров проекту. Как исключение допускается прорезание сло-ев водонасыщенных грунтов с применением извлекаемых обсадных труб или глинистого раствора. В структурно-неустойчивых грунтах применять набивные сваи можно только с обсадными оставляемыми трубами.

Ростверк свайного фундамента под несущими стенами здания в пределах отсека должен быть, как правило, непрерывным и расположенным в одном уровне. Верхние концы свай должны быть жестко заделаны в ростверк на глубину, определяемую расчетом, учитывающим сейсмические нагрузки.

Устройство безростверковых свайных фундаментов зданий и сооружений не допускается.

При соответствующем технико-экономическом обосновании можно применять свайные фундаменты с промежуточной подушкой из сыпучих материалов (щебня, гравия, песка крупного и средней крупности). Такие фундаменты не следует применять в органоминеральных, органических и просадочных грунтах II типа, на подрабатываемых территориях, геологически неустойчивых площадках (на которых имеются или могут возникать оползни, сели, карсты и т.п.) и на площадках, сложенных нестабилизированными грунтами. Для свайных фундаментов с промежуточной подушкой следует применять такие же виды свай, как и в несейсмических районах (кроме булавовидных).

При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах расчет должен проводиться по I группе предельных состояний на **особое** сочетание нагрузок, в состав которых входят постоянные, 1–2 временные и особая (сейсмическая) нагрузки. При этом необходимо предусматривать:

- 1) определение несущей способности сваи по грунту на сжимающую (выдерживающую) нагрузку;
- 2) проверку устойчивости грунта по условию ограничения давления, передаваемого на грунт боковыми поверхностями свай;

3) расчет свай на совместное действие расчетных усилий (продольной силы, изгибающего момента и поперечной силы).

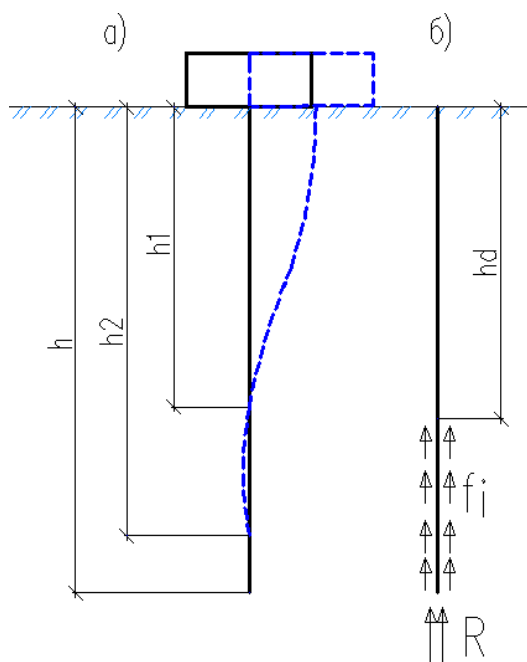


Рис.10.

а) изгиб сваи, защемленной в рост- верк при землетрясении;

б) расчетная схема сваи на вертикальную нагрузку

Аналитическое определение несущей

способности сваи по грунту на сжимающую нагрузку при жестком сопряжении свай с ростверком производится с использованием стандартных формул для несейсмоопасных районов, но с учетом сложных процессов, возникающих на контакте между сваем и грунтом при воздействии сейсмического импульса. В момент землетрясения происходит горизонтальное раскачивание свай колеблющимся сооружением, горизонтальные динамические (сейсмические) силы, передаваясь от сооружения через ростверк на сваи, вызывают их знакопеременный изгиб. В результате этого на некотором расстоянии от подошвы ростверка между сваем и грунтом возникает зазор, исключающий в пределах данной длины сопротивление грунта по боковой поверхности сваи (рис.10). Кроме этого, в результате прохождения сейсмических волн возможно дополнительное снижение несущей способности сваи за счет уменьшения сил трения на оставшейся длине сваи, а также за счет уменьшения лобового сопротивления грунта под острием сваи. Для учета этих факторов в нормах проектирования введены следующие требования:

- Согласно п. 12.3 [2] при определении несущей способности сваи по грунту с учетом сейсмической нагрузки, значения R и f_i следует умножать на понижающие коэффициенты условий работы грунта основания γ_{eq1} и γ_{eq2} , соответственно принимаемые в зависимости от характеристик окружающего сваю грунта и расчетной балльности площадки строительства.

Примечание. Расчетная балльность площадки строительства принимается на основании карт сейсмического микрорайонирования для рассматриваемого населенного пункта, а при их отсутствии – на основании [1] с использованием описания инженерно- геологических условий строительной площадки и комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97.

- Значения коэффициентов γ_{eq1} и γ_{eq2} следует умножать на 0,85, 1,0 или 1,15 для зданий и сооружений, возводимых в районах с повторяемостью 1, 2, 3 соответственно.

Примечание. Анализ многолетних наблюдений показывает, что в разных районах землетрясения с максимальной для данного района интенсивностью повторяются через различный период времени. Чем больше промежуток времени между такими землетрясениями, тем меньше вероятность того, что данное сооружение вообще попадет в условия максимальных по интенсивности землетрясений. Учитывая это, в картах сейсмического районирования ОСР-97 указаны не только ожидаемые максимальные интенсивности, но и ожидаемая категория их повторяемости: **1** – один раз в 500 лет; **2** – один раз в 1000 лет; **3** – один раз в 5000 лет. То есть **повторяемость** землетрясений принимается на основании [1] в соответствии с выбранной картой сейсмического районирования ОСР-97 (А, В, С). Карта А отражает 10%-ю вероятность превышения в течение 50 лет интенсивности сейсмических воздействий, указанных на карте, и соответствует повторяемости землетрясений **1** (один раз в 500 лет). Карта В отражает 5%-ю вероятность и соответствует повторяемости **2** (один раз в 1000 лет). Карта С отражает 1%-ю вероятность и соответствует повторяемости **3** (один раз в 5000 лет). Выбор карты осуществляется в зависимости от функционального назначения проектируемого сооружения и уровня его ответственности.

- Несущую способность свай-стоек, опирающихся на скальные и крупнообломочные грунты, определяют без введения дополнительных коэффициентов условий работы γ_{eq1} и γ_{eq2} .
- Сопротивление грунта f_i на боковой поверхности висячей сваи до расчетной глубины h_d следует принимать равным нулю (п. 12.3[2]). Расчетную глубину h_d , до которой не учитывают сопротивление грунта на боковой поверхности сваи, определяют по формуле (12.1[2]), в зависимости от вида ростверка, нагрузок, действующих на оголовки сваи и характеристик окружающего сваю грунта.
- Согласно п. 12.5 [2], определение расчетной глубины h_d при воздействии сейсмических нагрузок следует производить, принимая значения расчетного угла внутреннего трения ϕ_I уменьшенным для расчетной сейсмичности 7 баллов – на 2° , 8 баллов – на 4° , 9 баллов – на 7° .
- Согласно п. 12.8 [2], расчет свай в просадочных грунтах на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий должен производиться при природной влажности, если замачивание грунта невозможно, и при полностью водонасыщенном грунте, имеющем показатель текучести, определяемый по формуле 9.1 [2], если замачивание грунта возможно; при этом определение несущей способности свай в грунтовых условиях II типа по просадочности производят *без учета возможности развития отрицательных сил трения грунта*.

Как отмечалось ранее, в сейсмических районах, при соответствующем технико-экономическом обосновании, возможно применение свайных фундаментов с *промежуточной подушкой* из сыпучих материалов (щебня, гравия, песка крупного и средней крупности) – рис. 11.

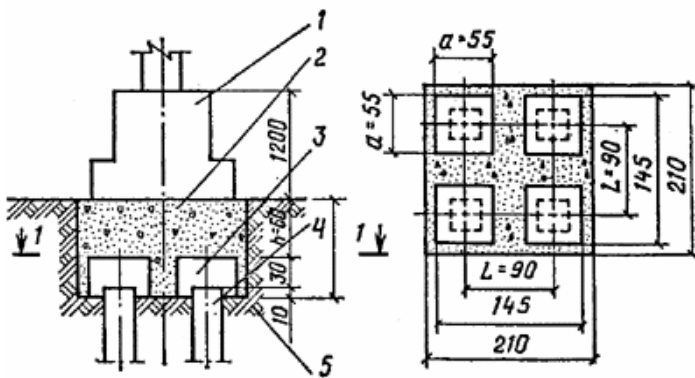


Рис.11. Схема свайного фундамента с промежуточной подушкой:

1 — фундаментный блок; 2 — промежуточная подушка; 3 — железобетонные оголовки;
4 — железобетонные сваи; 5 — поверхность дна котлована

Поскольку в фундаментах с промежуточной подушкой практически исключается передача на сваю горизонтальных нагрузок от колеблющегося сооружения (их воспринимает подушка), расчет свай на горизонтальные сейсмические нагрузки не производится. Несущую способность таких свай, работающих на сжимающую нагрузку в условиях сейсмических воздействий, следует определять в соответствии с требованиями 12.3 [2]; при этом сопротивление грунта необходимо учитывать вдоль всей боковой поверхности свай, т.е. $h_d = 0$, а коэффициент условий работы нижнего конца свай при сейсмических воздействиях принимать $\gamma_{eq1} = 1,2$. Фундаментный блок, устанавливаемый на промежуточную подушку, рассчитывается как ростверк обычного свайного фундамента в соответствии с [5], при этом предполагается, что подошва блока опирается непосредственно на сваи. При расчете свайных фундаментов с промежуточной подушкой по деформациям осадку фундамента следует вычислять как сумму осадки условного фундамента, определяемой в соответствии с требованиями подраздела 7.4 [2], и осадки промежуточной подушки.

Общая схема расчета свайного фундамента в сейсмоопасном районе следующая:

- 1) проводится расчет свайного фундамента на основные сочетания нагрузок (без учета сейсмики) по стандартным формулам как для несейсмоопасного района; подбираются длина, диаметр свай, количество свай в кусте, производится расчет осадки основания, определяются размеры ростверка;
- 2) проводится расчет свайного фундамента на особое сочетание нагрузок (с учетом сейсмической нагрузки), и по результатам расчета, в случае необходимости, производится корректировка принятого ранее решения. Необходимость корректировки возникает, если при принятых параметрах свайного фундамента не выполняются условия обеспечения его несущей способности по I группе предельных состояний. Выполнения необходимых условий можно достигнуть путем увеличения длины, диаметра, жесткости свай, увеличения количества свай в кусте.

Ниже приводится пример расчета свайного фундамента с буронабивными сваями, жестко защемленными в ростверке.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

Требуется произвести расчет отдельно стоящего свайного фундамента под компрессор весом 90 т при расчетной сейсмичности строительной площадки 9 баллов и повторяемости землетрясений – 1.

Компрессор расположен внутри одноэтажного производственного здания, крепится к фундаменту шарнирно. Здание имеет II уровень ответственности.

В пределах строительной площадки залегают грунты (рис.12а):

- **ИГЭ - 1:** суглинок твердый, пылеватый, просадочный

($I_L < 0$, в замоченном состоянии $I_L = 0,4$; $\varphi_I = 23^\circ$; $c_I = 21$ кПа; $\gamma_I = 20$ кН/м²);

- **ИГЭ - 2:** песок пылеватый, средней плотности, маловлажный

($\varphi_I = 25^\circ$; $c = 0$ кПа; $\gamma = 17$ кН/м², $e = 0,7$).

Грунтовые воды не обнаружены. Строительная площадка относится ко второму типу грунтовых условий по просадочности. Учитывая наличие просадочных грунтов, приняты свайные фундаменты с буронабивными сваями.

На основании расчета фундамента на действие собственного веса компрессора с учетом динамических вибраций от его работы (данный расчет здесь не приводится) были приняты: длина буронабивной сваи $l = 10,8$ м; диаметр сваи $d = 0,5$ м; класс бетона сваи В15; количество свай в кусте $n = 18$ шт.; размеры ростверка $9 \times 4,2 \times 1,2$ м.

Размещение свай в плане показано на рис. 12 б.

Учитывая шарнирное соединение надземной конструкции с фундаментом, при особом сочетании нагрузок на ростверк передаются:

- вертикальная расчетная нагрузка от веса компрессора $P = 850$ кН;

- горизонтальная сейсмическая нагрузка $S = 391,23$ кН (получена на основе [1]).

Упрощенная схема нагружения показана на рис.12в. Необходимо

решить 2 задачи.

Задача 1. Требуется определить несущую способность буронабивной сваи по грунту на действие сжимающей нагрузки с учетом сейсмических воздействий. Произвести проверку несущей способности сваи по грунту.

Задача 2. Требуется произвести расчет сваи на совместное действие расчетных усилий (продольной силы, изгибающего момента и поперечной силы) включая проверку устойчивости грунта по условию ограничения давления, передаваемого на грунт боковыми поверхностями сваи, и расчет сваи по сопротивлению материала.

Для выполнения курсовой работы необходимо взять исходные данные для расчета из табл. 1 на основании шифра, выданного преподавателем.

Размещение свай в плане и размеры ростверка принимаются студентом самостоятельно по рекомендациям приложения 3.

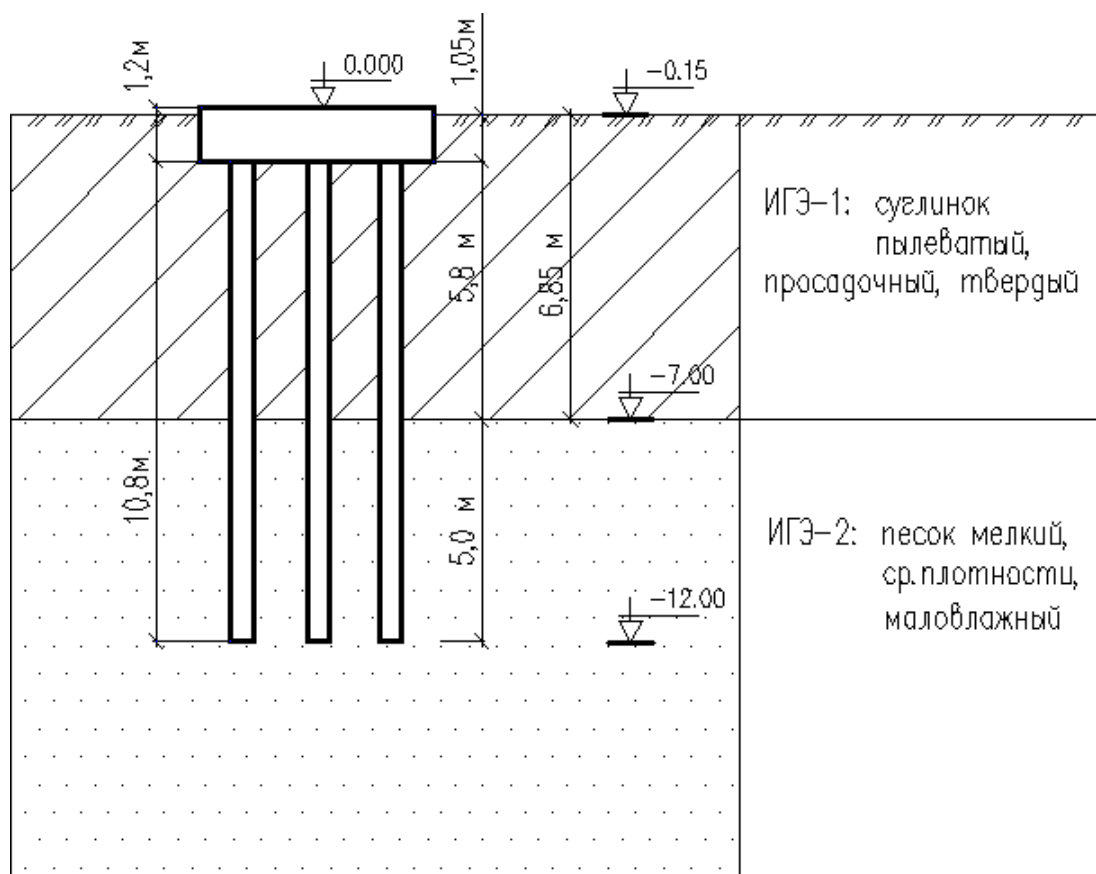


Рис.12а. Геологический профиль строительной площадки

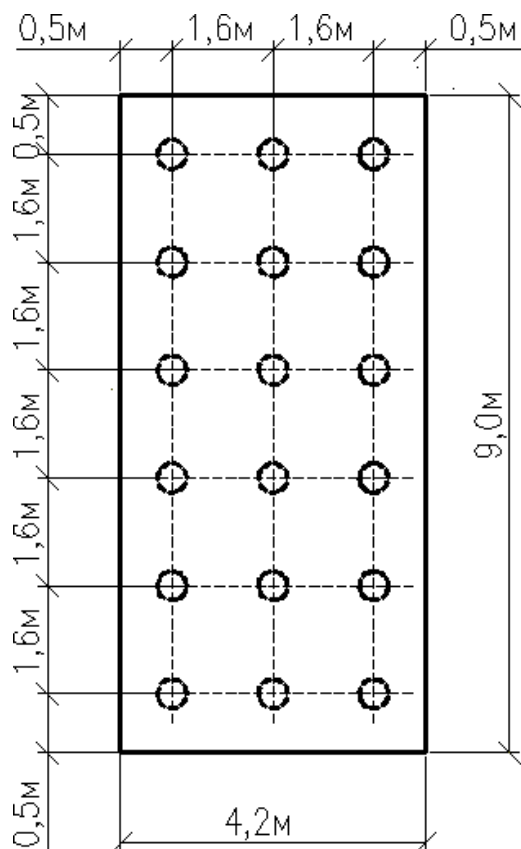


Рис.12б

Схема размещения свай в плане

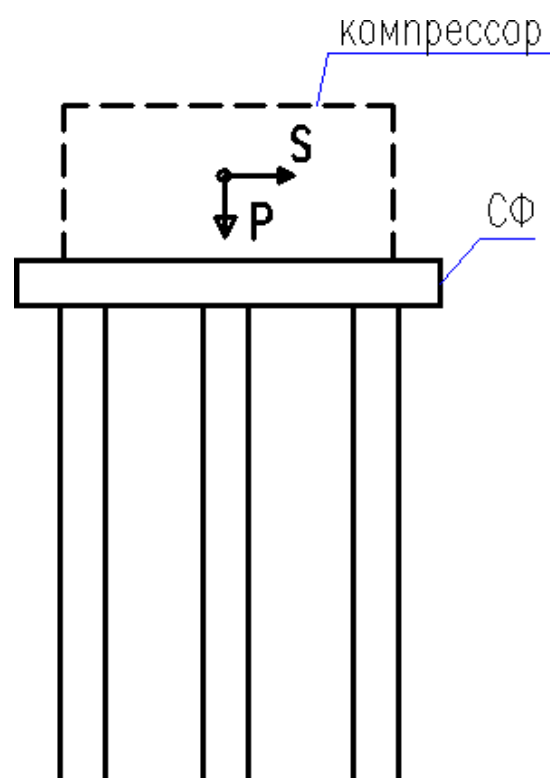


Рис.12в

Схема нагружения при особом сочетании

ЗАДАЧА 1

Определение и проверка несущей способности буронабивной сваи по грунту на сжимающую нагрузку с учетом сейсмических воздействий

Несущая способность буронабивной сваи по грунту с учетом сейсмической нагрузки определяется по формуле:

$$F_{eq} = \gamma_c \left(\gamma_{eq1} \cdot \gamma_c \cdot R A + \sum_{h_d}^{d_{cs}} \gamma_{eq2_i} \cdot \gamma_{cf_i} \cdot f_i h_i \right), \quad (1)$$

здесь γ_c – коэффициент условий работы сваи, принимается равным 0,8 при опирании ее на глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0,85$ и лессовые грунты, равным **1,0** – в остальных случаях;

γ_{cf_i} – коэффициент условий работы грунта под нижним концом и по боковой поверхности сваи, принимаемый равным **1,0** во всех случаях, за исключением свай с камуфлетным уширением и свай РИТ ($\gamma_{cR} = 1,3$); свай с уширенной пятой, бетонируемой подводным способом ($\gamma_{cR} = 1,3$);

γ_{cf_i} – коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности,

принимается согласно табл. 1 приложения 1;

$\gamma_{eq1}, \gamma_{eq2}$ – понижающие коэффициенты, учитывающие сейсмические воздействия, принимаются по табл. 2 приложения 1;

A – площадь поперечного сечения сваи (для сваи круглого сечения

$$A = \pi d^2 / 4);$$

u – периметр поперечного сечения сваи (для сваи круглого сечения

$$u = \pi d, d – \text{диаметр сваи});$$

d_{cs} – глубина заложения нижнего конца сваи относительно подошвы ростверка;

h_d – расчетная длина, в пределах которой сопротивление грунта f_i по боковой поверхности сваи принимается равной нулю; определяются по формуле:

$$h = \frac{\delta_1 (H + \alpha_\varepsilon \delta_3 M)}{\left(\frac{\delta_2}{\alpha} \gamma_I \tan \varphi_I + c_I \right)} \quad \text{и не более} \quad \frac{3}{\alpha_\varepsilon}, \quad (2)$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – безразмерные коэффициенты при жесткой заделке сваи в нижний ростверк, равные 1,2; 1,2 и 0 соответственно;

H, M – расчетные значения горизонтальной силы и изгибающего момента, приложенных к свае в уровне поверхности грунта при особом сочетании нагрузок с учетом сейсмических воздействий;

γ_I – расчетное значение удельного веса грунта, определяемое в водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды;

φ_I – расчетное значение угла внутреннего трения грунта, принимаемое уменьшенным для расчетной сейсмичности 7 баллов – на 2° , 8 баллов – на 4° , 9 баллов – на 7° ;

c_I – расчетные значения удельного сцепления грунта;

(значения γ_I , φ_I , c_I принимаются для грунтов, расположенных в зоне глубиной до $3/\alpha_\varepsilon$ от уровня подошв ростверка);

α_ε – коэффициент деформации, определяется по формуле:

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{K \cdot b_p}{\gamma \cdot EI}} \quad (3)$$

здесь K – коэффициент пропорциональности, определяемый в зависимости от характеристики грунта, залегающего в пределах глубины $l_k = 3,5d + 1,5$ по табл. 7 приложения 1; d – диаметр поперечного сечения сваи; b_p – условная ширина сваи, принимаемая:

– для свай с диаметром стволов $\geq 0,8$ м: $b_p = (d + 1)$;

– для свай с диаметром стволов $< 0,8$ м: $b_p = (1,5d + 0,5)$.

EI – жесткость сваи;

E – модуль деформации бетона;

I – момент инерции поперечного сечения сваи (для сваи круглого сечения $I = \pi r^4 / 4$);

γ – коэффициент работы сваи (для отдельно стоящей сваи $\gamma = 3$).

Определение сил бокового сопротивления грунта f_i производится на основании табл. 4 приложения 1.

Сопротивление грунта под нижним концом буронабивной сваи R при ее опирании на глинистый грунт определяется по табл. 6 приложения 1, при опирании на песчаный грунт вычисляется по формуле:

$$R = 0,75\alpha_4(\alpha_1\gamma_I' d + \alpha_2\alpha_3\gamma_I h), \quad (4)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – безразмерные коэффициенты, определяются на основании табл. 5 приложения 1;

γ_I' – удельный вес грунта в основании сваи;

γ_I – осредненный удельный вес грунта по длине сваи.

Допустимая нагрузка на сваю:

$$N_d = \frac{F_{eq}}{\gamma_k}, \quad (5)$$

где γ_k – коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным 1,4, если несущая способность сваи определена расчетом.

Несущая способность свай по грунту обеспечена, если выполняется условие:

$$N_{\max} < \frac{\gamma_0 N_d}{\gamma_n}, \quad (6)$$

где N_d – допустимая нагрузка на сваю;

γ_0 – коэффициент условий работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов, принимаемый равным 1,0 при односвайном фундаменте и 1,15 при кустовом расположении свай;

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

$N_{\max}$ – усилие в наиболее нагруженной свае куста при особом сочетании нагрузок, определяемое по формуле:

$$N_{\max} = \frac{N_I}{n} + \frac{M_I \cdot x_{\max}}{\sum_i x_i^2}, \quad (7)$$

где N_I – расчетная сжимающая сила на уровне подошвы ростверка при особом сочетании нагрузок;

M_I – расчетный изгибающий момент на уровне подошвы ростверка в рассматриваемом направлении при особом сочетании нагрузок;

$x_{\max}$ – расстояние от главных осей фундамента до оси наиболее удаленной сваи в направлении действия рассматриваемого момента M_I ;

x_i – расстояние от главных осей фундамента до оси i -ой сваи в направлении действия рассматриваемого момента M_I .

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Исходные данные:

- сейсмичность площадки – 9 б;
- повторяемость землетрясений – 1;
- уровень ответственности здания – II;
- свая буронабивная, устраиваемая под защитой обсадной трубы из бетона класса В15;
- длина сваи $l = 10,8$ м;
- диаметр сваи $d = 0,5$ м;
- количество свай в кусте – 18 шт.;
- размеры ростверка – $9 \times 4,2 \times 1,2$ м;
- глубина заложения ростверка – $1,05$ м;
- вертикальная расчетная нагрузка на фундамент от веса компрессора $P = 900$ кН;
- горизонтальная сейсмическая нагрузка, передаваемая на фундамент $S = 391,23$ кН;
- характеристики грунтов (рис. 10а):
 - ИГЭ - 1: суглинок пылеватый, просадочный, твердый
 $(I_L = 0,4; \varphi_1 = 23^0; c = 21 \text{ кПа}; \gamma = 20 \text{ кН/м}^2)$;
 - ИГЭ - 2: песок мелкий, пылеватый, средней плотности, маловлажный
 $(\varphi_1 = 25^0; c = 0 \text{ кПа}; \gamma = 17 \text{ кН/м}^2, e = 0,7)$.

Требуется определить несущую способность сваи по грунту и допустимую нагрузку на сваю с учетом сейсмических воздействий. Произвести проверку несущей способности сваи по грунту.

Решение

1) Определим нагрузки на уровне подошвы ростверка.

Учитывая, что расчет производится на особое сочетание нагрузок, постоянную нагрузку от собственного веса конструкций принимаем с коэффициентом особого сочетания нагрузок $n_c = 0,9$ [1]. Тогда вертикальная нагрузка на уровне подошвы ростверка с учетом веса самого ростверка размерами $9 \times 4,2 \times 1,2$ м составит:

$$N_I = 0,9 \cdot (900 + 1,1 \cdot 9 \cdot 4,2 \cdot 1,2 \cdot 25) = 1932,66 \text{ кН},$$

здесь $1,1$ – коэффициент надежности по нагрузке,
 25 кН/м^3 – плотность железобетона.

Учитывая, что на ростверк передается горизонтальная сейсмическая сила $Q = S = 391,23$ кН, на уровне подошвы ростверка будет возникать изгибающий момент:

$$M_I = Q \cdot h_p = 391,23 \cdot 1,2 = 469,48 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (h_p \text{ – высота плиты ростверка}).$$

Горизонтальная (сейсмическая) нагрузка в уровне верха сваи:

$$H = \frac{Q}{n} = \frac{391,23}{18} = 21,8 \text{ кН}.$$

2) Определим сопротивление грунта под нижним концом буронабивной сваи R .

Расчетная схема сваи показана на рис. 13.

Поскольку в качестве несущего слоя грунта выступает песчаный грунт (ИГЭ-2 - песок мелкий, средней плотности, маловлажный), расчетное сопротивление под нижним концом сваи R будем определять по формуле (4).

Глубина заложения нижнего конца сваи $h = z = 11,85$ м.

При диаметре сваи $d = 0,5$ м отношение $h/d = 11,85/0,5 = 23,7$. Расчетный угол внутреннего трения грунта в основании сваи $\varphi_I = 25^\circ$. Удельный вес грунта в основании сваи $\gamma_I' = 17$ кН/м³.

Осредненный удельный вес грунта по длине сваи:

$$\gamma_I = (20 \cdot 5,8 + 17 \cdot 5,0) / (5,8 + 5) = 18,61 \text{ кН/м}^3.$$

При заданных параметрах грунта по табл. 5 приложения 1 приняты следующие безразмерные коэффициенты:

$$\alpha_1 = 12,6; \alpha_2 = 24,8; \alpha_3 = 0,5; \alpha_4 = 0,31.$$

Тогда

$$R = 0,75 \alpha_4 (\alpha_1 \gamma_I' d + \alpha_2 \alpha_3 \gamma_I h) = \\ = 0,75 \cdot 0,31 \cdot (12,6 \cdot 17 \cdot 0,5 + 24,8 \cdot 0,5 \cdot 18,61 \cdot 11,85) = 660,68 \text{ кПа}.$$

3) Определим коэффициент деформации по формуле: $\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{K \cdot b_p}{\gamma \cdot EI}}$.

Здесь $\gamma = 3$ – при расчете одиночной сваи;

условная ширина сваи при ее диаметре до 0,8 м:

$$b_p = 1,5d + 0,5 = 1,5 \cdot 0,5 + 0,5 = 1,25 \text{ м};$$

модуль деформации бетона класса В15: $E = 24 \cdot 10^6$ кН/м²;

момент инерции поперечного сечения сваи: $I = \pi r^4 / 4 = 0,003066 \text{ м}^4$;

жесткость сваи: $EI = 24 \cdot 10^6 \cdot 0,003066 = 73584 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$.

Коэффициент пропорциональности K определяется в пределах глубины $l_k = 3,5d + 1,5 = 3,5 \cdot 0,5 + 1,5 = 3,35$ м, где залегает суглинок пылеватый, просадочный (ИГЭ-1) с показателем текучести в замоченном состоянии, равным 0,4. Тогда согласно табл. 7 приложения 1 коэффициент $K = 13200 \text{ кН/м}^4$.

При данных параметрах коэффициент деформации:

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{13200 \cdot 1,25}{3 \cdot 73584}} = 0,595 \text{ м}^{-1}.$$

4) Определим расчетную длину, в пределах которой отсутствует боковое сопротивление грунта f_i по формуле (2):

$$\delta_1 \frac{(H + \alpha_\varepsilon \delta_3 M)}{b \left| \frac{-2}{\gamma} \right| \left(\alpha_\varepsilon^I \left| \frac{\text{tg} \varphi_I + c}{I} \right| \frac{1,25}{0,595} \cdot 20 \cdot \text{tg}(23^\circ - 7^\circ) + 21 \right)} = \frac{1,2 \cdot (21,8 + 0)}{1,2} = 0,65 \text{ м} < \frac{3}{\alpha_\varepsilon} = 5,04.$$

Примечание: угол внутреннего трения принят на 7° ниже, поскольку сейсмичность площадки составляет 9 баллов.

5) Определим сопротивление грунта по боковой поверхности сваи:

Для удобства вычисления сведены в табл. 2.

Таблица 2

z, м	h_i , м	f_i , кПа	γ_{cf_i}	γ_{eq2_i}	$\gamma_{eq2_i} \gamma_{cf_i} f_i h_i$
2,7	2,0	23,8	0,7	0,6	20,0
4,7	2,0	28,4	0,7	0,6	23,86
6,275	1,15	31,315	0,7	0,6	15,10
7,85	2,0	32,275	0,7	0,65	29,84
9,85	2,0	33,925	0,7	0,65	30,87
11,35	1,0	35,48	0,7	0,65	16,14
ИТОГО					135,81

Примечание: при определении сопротивлений f_i с учетом сейсмических воздействий просадочные свойства грунта не учитываются (п. 12.8 [2]).

6) Определим несущую способность сваи по грунту по формуле (1).

При диаметре сваи 0,5 м площадь и периметр ее поперечного сечения:

$$A = 3,14 \cdot 0,5^2 = 0,785 \text{ м}^2, u = 3,14 \cdot 0,5 = 1,57 \text{ м}.$$

Коэффициенты формулы (1):

$\gamma_c = 1$ (для буронабивной сваи, опирающейся нижним концом на песчаный грунт);

$c_R = 1; \gamma_{eq1} = 0,6$ (при опирании буронабивной сваи на маловлажный песчаный грунт средней плотности при сейсмичности площадки строительства 9 баллов (табл 2 приложения I)).

Учитывая заданную повторяемость землетрясения – 1 (см. исходные данные), к коэффициентам γ_{eq1} и γ_{eq2} вводим дополнительно коэффициент 0,85. Тогда несущая способность сваи по грунту с учетом сейсмичности равна:

$$F_{eq} = 1,0 \cdot 0,85 (0,6 \cdot 1,0 \cdot 660,68 \cdot 0,785 + 1,57 \cdot 135,81) = 252,87 \text{ кН}.$$

7) Определим допустимую нагрузку на сваю:

$$N_d = \frac{F_{eq}}{\gamma_k} = \frac{252,87}{1,4} = 180,62 \text{ кН}.$$

8) Проверим несущую способность по грунту на сжимающую нагрузку по формуле (6).

Усилие в наиболее нагруженной свае (рис. 10б и формула (7):

$$N_{18}^{\max} = \frac{1932,66}{18} + \frac{469,48 \cdot 1,6}{12 \cdot 1,6^2} = 146,49 \text{ кН} < \frac{\gamma_0 N_d}{\gamma_n} = \frac{1,15 \cdot 180,62}{1,15} = 180,62 \text{ кН},$$

здесь $\gamma_0 = 1,15$ при кустовом расположении свай;

$\gamma_n = 1,15$ для здания II уровня ответственности.

Условие (6) выполняется. Несущая способность сваи по грунту на сжимающую нагрузку при сейсмических воздействиях обеспечена.

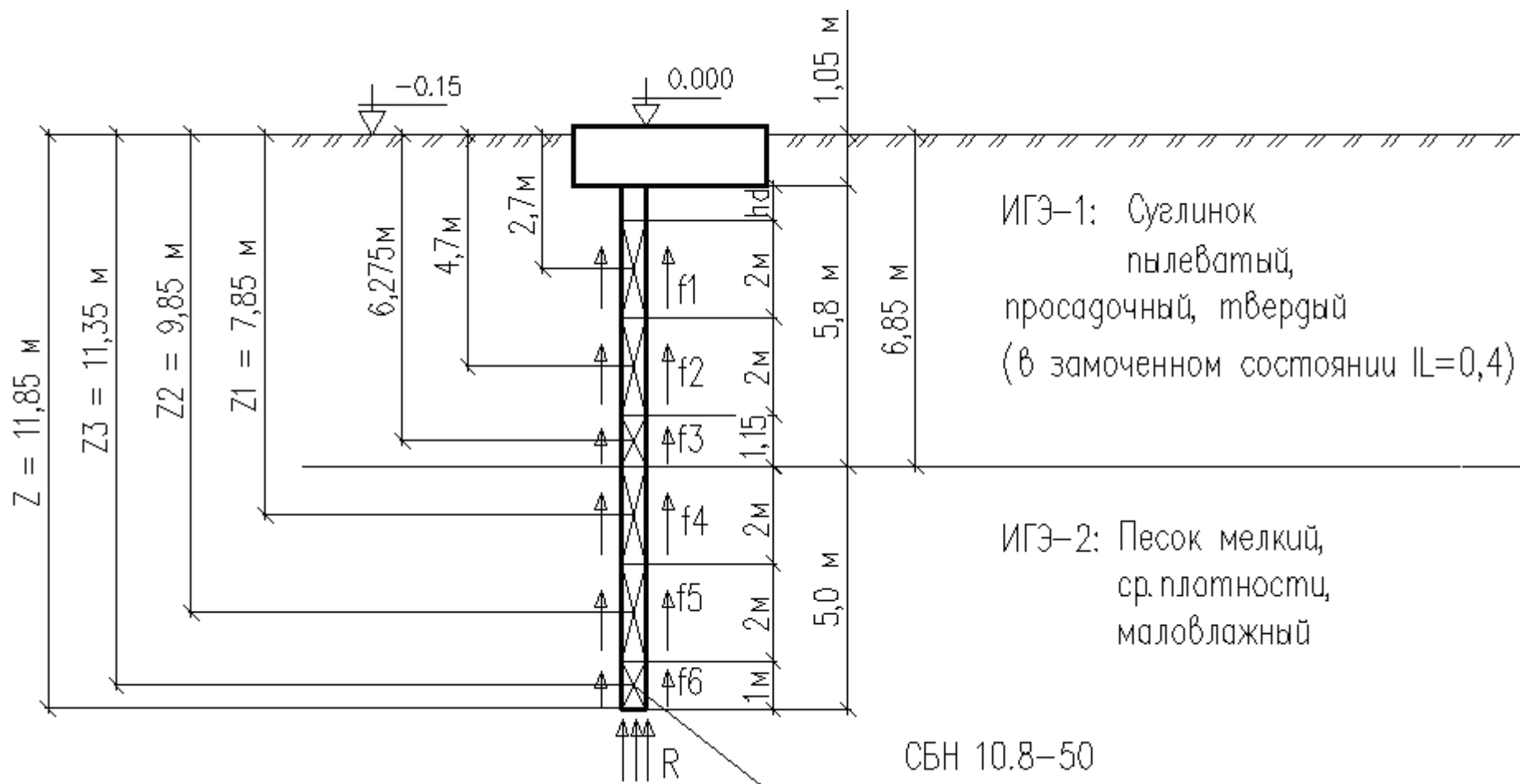


Рис.13. Расчетная схема сваи

ЗАДАЧА 2

Расчет свай на совместное действие вертикальной, горизонтальной сил и момента. Расчет устойчивости грунта основания, окружающего сваю

Расчет свай на совместное действие вертикальной, горизонтальной сил и момента производится на основании *приложения В* [2] в соответствии со схемой, приведенной на рис.14. В этом случае, при особом сочетании нагрузок (с учетом сейсмических воздействий) расчет предусматривает:

- 1) расчет устойчивости грунта основания, окружающего сваю;
- 2) проверку сечений свай по сопротивлению материала.

1) Расчет устойчивости грунта основания, окружающего сваю, производится по условию ограничения расчетного давления σ_z , оказываемого на грунт боковыми поверхностями сваи при особом сочетании нагрузок. Глубина на расположения расчетных сечений (z) от расчетной поверхности зависит от приведенной глубины $\bar{l}$ погружения сваи в грунт, равной $\bar{l} = \alpha_\varepsilon l$ (l – длина сваи, α_ε – коэффициент деформации (его вычисление – в задаче 1). При $\bar{l} \leq 2,5$ проверка выполняется для двух сечений, расположенных на глубине: $z = \bar{l}/3$ и $z = \bar{l}$. При $\bar{l} > 2,5$ – в одном сечении на глубине $z = 0,85/\alpha_\varepsilon$. В качестве расчетной поверхности принимается при высоком ростверке поверхность грунта, при низком – подошва ростверка (поз.1 на рис. 14).

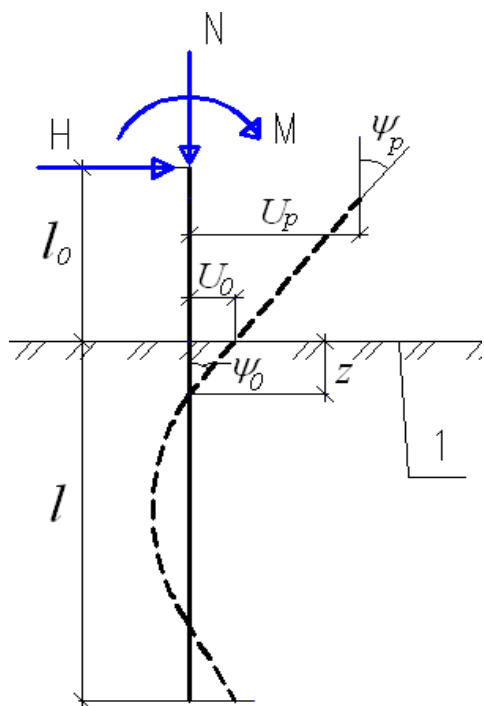


Рис. 14. Схема нагрузок на сваю: 1 – расчетная поверхность

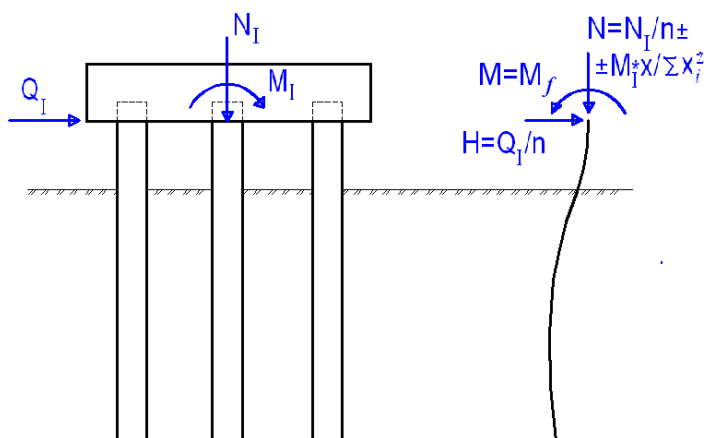


Рис. 15. Определение нагрузок на голову сваи в случае жесткой заделки в ростверк и многорядном расположении свай (n – количество свай в кусте)

В соответствии с приложением В [2] для всех рассматриваемых сечений должно выполняться условие:

$$\sigma_z \leq \eta_1 \eta_2 \frac{4}{\cos \varphi_I} (\gamma_I \cdot z \cdot \operatorname{tg} \varphi + \xi \cdot c_I), \quad (8)$$

где σ_z – расчетное давление на грунт на глубине z , определяется по формуле (10);

η_1 – коэффициент, равный единице, кроме случаев расчета фундаментов распорных сооружений, для которых $\eta_1 = 0,7$;

η_2 – коэффициент, учитывающий долю постоянной нагрузки в суммарной нагрузке, определяемый по формуле:

$$\eta_2 = \frac{M_c + M_t}{nM_c + M_t} \quad (9)$$

где M_c – момент от внешних постоянных нагрузок в сечении фундамента на уровне нижних концов свай; M_t – то же, от внешних временных расчетных нагрузок; n – коэффициент, принимаемый равным 2,5, за исключением случаев расчета: а) особо ответственных сооружений, для которых при $l \leq 2,6$ принимается $n = 4$ и при $l \geq 5$ $n = 2,5$ (при промежуточных значениях l значение n определяется интерполяцией); б) фундаментов с однорядным расположением свай на внецентренно приложенную вертикальную сжимающую нагрузку, для которых следует принимать $n = 4$ независимо от значения l).

γ_I – расчетный удельный вес грунта ненарушенной структуры, определяемый в водонасыщенных грунтах с учетом взвешивания в воде;

φ_I , c_I – расчетные значения, соответственно, угла внутреннего трения грунта и удельного сцепления грунта;

ξ – коэффициент, принимаемый для забивных свай и свай-оболочек равным 0,6, а для всех остальных видов свай – 0,3.

При нарушении неравенства (8) производится корректировка фундамента (увеличивается сечение свай или в фундамент вводятся дополнительные свай).

В соответствии с [2] (СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85, приложение В), расчетное давление на грунт σ_z должно определяться численными методами с использованием современных программных комплексов (Ли́ра, Ста́рк, Ска́д и т.п.). Для ручного счета можно использовать методику [3] (СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов», приложение Д)).

Согласно [3], расчетное давление на грунт на глубине z определяется по формуле:

$$\sigma_z = \frac{K}{\alpha} \left(\frac{1}{z} U_0 A_1 - \frac{\psi^0 B_1 + \frac{M_0}{2}}{\alpha_\varepsilon \alpha_\varepsilon EI} C_1 + \frac{H_0 D_1}{3 EI} \right), \quad (10)$$

здесь A_1, C_1, D_1 – коэффициенты, определенные по табл. 9 приложения 1 в зависимости от приведенной глубины расчетного сечения $z = \alpha_\varepsilon \cdot z$;

$K, \alpha_\varepsilon, EI$ – то же, что и в задаче 1;

U_0 и Ψ_0 – горизонтальное перемещение и угол поворота поперечного сечения сваи в уровне поверхности грунта при высоком ростверке, а при низком ростверке – в уровне его подошвы (рис. 4); определяются по формулам:

$$U_0 = H_0 \cdot \varepsilon_{HH} + M_0 \cdot \varepsilon_{HM}, \quad (11)$$

$$\Psi_0 = H_0 \cdot \varepsilon_{MH} + M_0 \cdot \varepsilon_{MM}, \quad (12)$$

где H_0 и M_0 – расчетные значения поперечной силы и изгибающего момента, передающиеся на сваю в уровне рассматриваемого сечения, принимаемые равными $H_0 = H$, $M_0 = M + Hl_0$; l_0 – длина участка сваи, равная расстоянию от подошвы ростверка до поверхности грунта под ростверком (при низком ростверке $l_0 = 0$); H и M – расчетные значения поперечной силы и изгибающего момента, действующие на голову сваи. Для свайного фундамента с вертикальными сваями одинакового поперечного сечения горизонтальная нагрузка принимается равномерно распределенной между всеми сваями, то есть $H = Q/n$ (Q – горизонтальная нагрузка на фундамент, n – количество свай). Изгибающий момент M зависит от конструкции свайного фундамента. При многорядном (два ряда и более) расположении свай в фундаменте и жесткой заделке свай в ростверк M принимается равным расчетному моменту заделки M_f и вычисляется исходя из невозможности поворота головы сваи ($\Psi_0 = 0$) по формуле (16). В случае свободного опирания ростверка на сваи принимается $M = 0$;

$\varepsilon_{HH}, \varepsilon_{HM}, \varepsilon_{MH}, \varepsilon_{MM}$ – перемещения расчетного сечения сваи от действия единичных нагрузок, в частности (рис. 16):

ε_{HH} – горизонтальное перемещение сечения от силы $H_0 = 1$;

ε_{HM} – горизонтальное перемещение сечения от момента $M_0 = 1$;

ε_{MH} – угол поворота сечения от силы $H_0 = 1$;

ε_{MM} – угол поворота сечения от момента $M_0 = 1$. Определяются они по формулам:

$$\varepsilon_{HH} = \frac{1}{\alpha^3 EI_\varepsilon} A_0; \quad (13)$$

$$\varepsilon_{HM} = \varepsilon_{MH} = \frac{1}{\alpha^2 EI_\varepsilon} B_0; \quad (14)$$

$$\varepsilon_{MM} = \frac{1}{\alpha_\varepsilon EI} C_0, \quad (15)$$

где A_0, B_0, C_0 – безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 8 приложения 1 в зависимости от приведенной глубины заложения свай в грунте l .

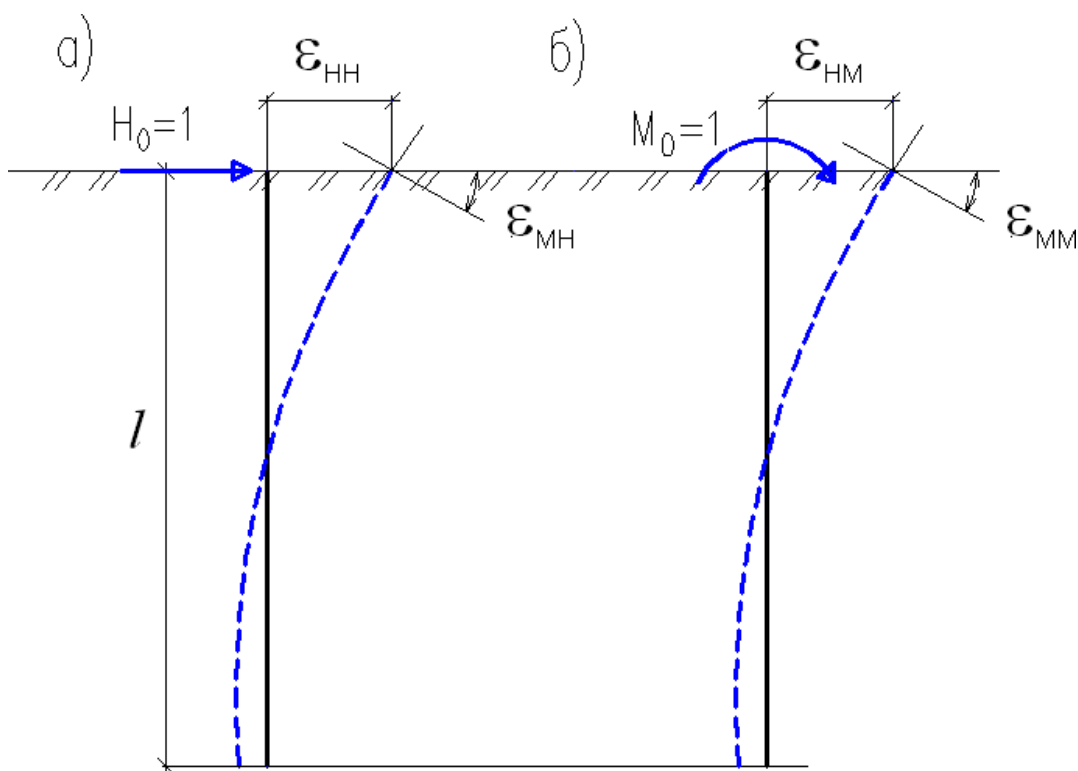


Рис. 16. Расчетные схемы к определению единичных перемещений:

а) перемещения от действия силы $H_0=1$, приложенной в уровне поверхности грунта; б) перемещения от действия момента $M_0=1$

Расчетный момент заделки M_f , учитываемый при расчете свай, имеющих жесткую заделку в ростверк, следует определять по формуле:

$$M_f = -\frac{\varepsilon_{MH} + l_0 \varepsilon_{MM} + b^2 / (2EI)}{\varepsilon_{MM} + l_0 / EI} \quad (16)$$

при низком ростверке $l_0 = 0$; знак «минус» означает, что при горизонтальной силе H , направленной слева направо, на голову сваи со стороны заделки передается момент, направленный против часовой стрелки.

2) Проверка несущей способности свай по материалу при особом сочетании нагрузок производится по предельным состояниям I группы на совместное действие расчетных усилий – вертикальной силы N_z , изгибающего момента M_z и поперечной силы H_z . Расчеты выполняются в зависимости от материала свай согласно требованиям соответствующих глав Строительных норм и правил (для железобетонных свай используется [5]). Свая рассчитывается как внецентренно нагруженный стержень, защемленный в грунте в сечении, расположенном от подошвы ростверка на расстоянии $l_1 = l_0 + 2/\alpha_\varepsilon$. При этом расчетные значения усилий в свае могут определяться как с помощью автоматизированных расчетных программных комплексов, так и ручным способом. При ручном вычислении усилий в свае на глубине z от расчетной поверхности используются формулы приложения Д [3]:

$$M_z = \alpha_\varepsilon^2 EI U_0 A_3 - \alpha_\varepsilon EI \psi_0 B_3 + M_0 C_3 + \frac{H_0 D_3}{\alpha_\varepsilon}; \quad (17)$$

$$Q_z = \alpha_\varepsilon^3 EI U_0 A_4 - \alpha_\varepsilon^2 EI \psi_0 B_4 + \alpha_\varepsilon M_0 C_4 + H_0 D_4; \quad (18)$$

$$N_z = N. \quad (19)$$

здесь $A_3, B_3, C_3, D_3, A_4, B_4, C_4, D_4$ – безразмерные коэффициенты, определенные по табл. 9 приложения 1 в зависимости от приведенной глубины расположения расчетного сечения сваи в грунте $\bar{z} = \alpha_\varepsilon \cdot z$; α_ε, EI – то же, что и в задаче 1.

Максимальное значение расчетного момента в свае $M_z^{\max}$ определяют по эпюре изгибающих моментов. Для построения эпюры вычисления по формуле (17) проводятся для $\bar{z} = 0,0; 0,5; 1,0; \dots; 4,0$. В частном случае максимальный момент может действовать в заделке головы сваи в ростверк, то есть $M_z^{\max} = M_f$.

Примечание

При расчете железобетонных свай, изготавливаемых в грунте (кроме свай-столбов и буроопускных свай) по прочности материала расчетное сопротивление бетона следует принимать с понижающим коэффициентом условий работы $\gamma_{cb} = 0,85$, учитывающим бетонирование в узком пространстве скважин и обсадных труб, и дополнительного понижающего коэффициента $\gamma_{c'b}$, учитывающего влияние способа производства свайных работ:

а) в глинистых грунтах, если возможны бурение скважин и бетонирование их насухо без крепления стенок при положении уровня подземных вод в

период строительства ниже пяты свай, $\gamma_{c'b} = 1,0$;

б) в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых производят насухо с применением извлекаемых обсадных труб или полых шнеков, $\gamma_{c'b} = 0,9$;

в) в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых осуществляют при наличии в них воды с применением извлекаемых обсадных труб или полых шнеков, $\gamma_{c'b} = 0,8$;

г) в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых выполняют под глинистым раствором или под избыточным давлением воды (без обсадных труб), $\gamma_{c'b} = 0,7$.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Исходные данные те же, что и в задаче 1:

- сейсмичность площадки – 9б;
- свайный фундамент из буронабивных свай диаметром 0,5 м, длиной 10,8 м;
- количество свай в кусте – 18 шт.;
- характеристики грунтов (рис. 10а):
 - **ИГЭ - 1:** суглинок пылеватый, просадочный, твердый ($\varphi_I = 23^0$; $c = 21$ кПа; $\gamma = 20$ кН/м²);
 - **ИГЭ - 2:** песок мелкий, пылеватый, средней плотности, маловлажный ($\varphi_I = 25^0$; $c = 0$ кПа; $\gamma = 17$ кН/м², $e = 0,7$).

В условиях сейсмических воздействий на уровне подошвы ростверка действуют следующие нагрузки (рис. 17):

$$N_I = 1932,66 \text{ кН}, \quad M_I = 469,5 \text{ кН·м}, \quad Q_I = 391,23 \text{ кН}.$$

Требуется проверить устойчивость грунта, окружающего сваю, с учетом сейсмических воздействий. Проверить сечение сваи по сопротивлению материала.

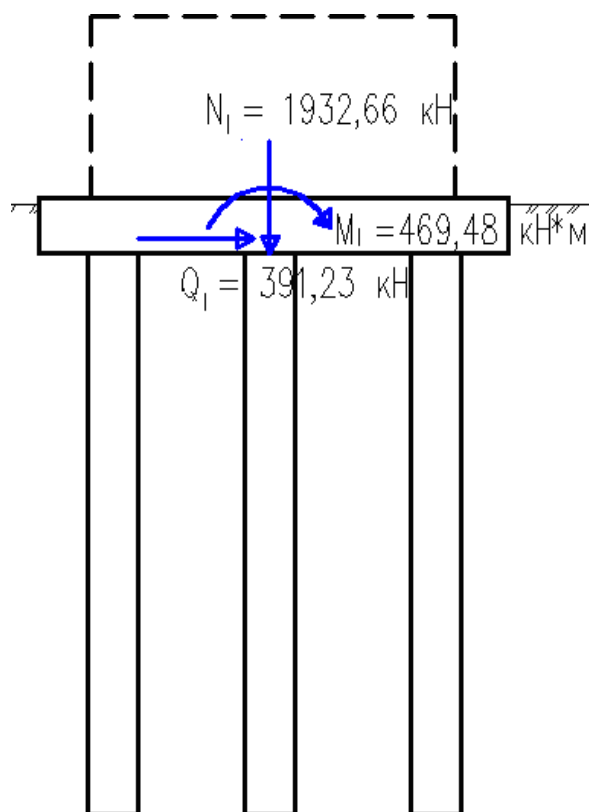


Рис. 17. Схема нагружения свайного фундамента

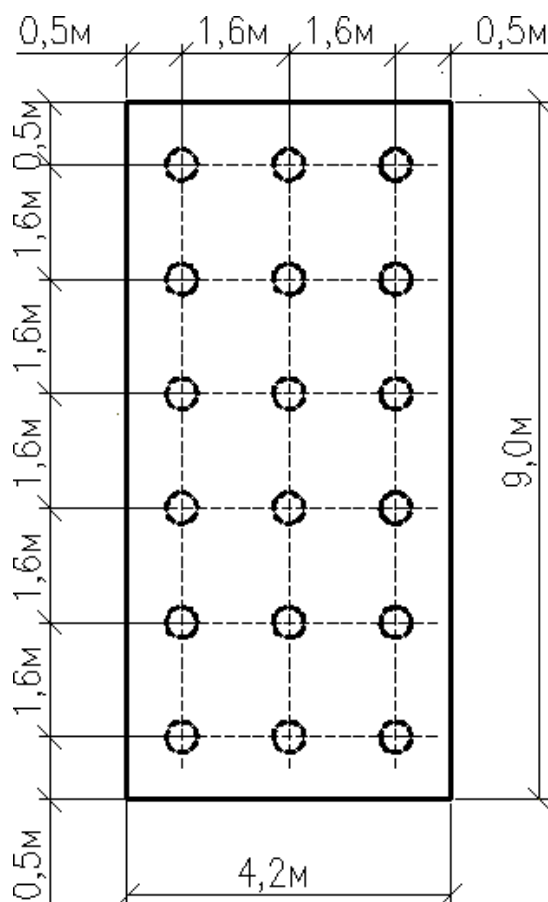


Рис.18. Схема размещения свай в плане

1) Определим нагрузки, действующие на голову сваи.

На голову максимально нагруженной сваи приходят нагрузки:

- вертикальная

$$\frac{N_{\max}}{n} = \frac{N_I}{n} + \frac{M_I \cdot x_{\max}}{\sum x_i^2} = \frac{1932,66}{18} + \frac{469,48 \cdot 1,6}{12 \cdot 1,6^2} = 146,49 \text{ кН}$$

- горизонтальная

$$H = \frac{Q}{n} = \frac{391,23}{18} = 21,735 \text{ кН.}$$

Поскольку в сейсмическом районе принимается жесткое сопряжение между свайей и ростверком, необходимо определить расчетный момент заделки сваи в ростверке M_f по формуле (16). При этом, учитывая низкий ростверк, принимаем расстояние $l_0 = 0$. Для определения единичных перемещений ε_{HH} , ε_{HM} , ε_{MH} , ε_{MM} (рис. 5) необходимо знать значения следующих параметров, вычисленных в задаче 1:

– коэффициент деформации $\alpha_\varepsilon = 0,595 \text{ м}^{-1}$;

– жесткость сваи $EI = 73584 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$.

По табл. 8 приложения 1 для случая опирания сваи на нескальный грунт при $l = 6,426 \text{ м} > 4$ определяем безразмерные коэффициенты: $A_0 = 2,441$, $B_0 = 1,621$, $C_0 = 1,751$. Перемещения свай в уровне подошвы ростверка от действия единичных нагрузок (рис.5, формулы (13–15)):

$$\varepsilon_{HH} = \frac{1}{\alpha^3 EI} A_0 = \frac{1}{0,595^3 \cdot 73584} \cdot 2,441 = 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ м/кН};$$

$$\varepsilon_{MH} = \frac{1}{\alpha^2 EI} B_0 = \frac{1}{0,595^2 \cdot 73584} \cdot 1,621 = 6,22 \cdot 10^{-5} \text{ 1/кН};$$

$$\varepsilon_{HM} = \varepsilon_{MH} = 6,22 \cdot 10^{-5} \text{ 1/кН} \cdot \text{м};$$

$$\varepsilon_{MM} = \frac{1}{\alpha_\varepsilon EI} C_0 = \frac{1}{0,595 \cdot 73584} \cdot 1,751 = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ 1/кН} \cdot \text{м}.$$

Тогда расчетный момент заделки по формуле (16):

$$M_f = - \frac{\varepsilon_{MH}}{\varepsilon_{MM}} H = - \frac{6,22 \cdot 10^{-5}}{4,0 \cdot 10^{-5}} 21,735 = -33,80 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

знак «минус» означает, что при горизонтальной силе H , направленной слева направо, на голову сваи со стороны заделки передается момент, направленный против часовой стрелки.

Итак, при низком ростверке на голову наиболее нагруженной сваи приходят нагрузки:

$$N_{\max} = 146,49 \text{ кН}, \quad H = 21,735 \text{ кН}, \quad M = M_f = -33,80 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2) Определим перемещения сваи на уровне подошвы ростверка по формулам (11–12).

Расчетные значения поперечной силы и изгибающего момента, передающиеся на сваю в уровне подошвы низкого ростверка (при $l_0 = 0$) принимаем равными нагрузкам, приходящими на голову сваи, то есть:

$$H_0 = H = 21,735 \text{ кН}, \quad M_0 = M = M_f = -33,80 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Тогда горизонтальное перемещение сваи на уровне подошвы ростверка:

$$U_0 = H_0 \cdot \varepsilon_{HH} + M_0 \cdot \varepsilon_{HM} = 21,735 \cdot 1,59 \cdot 10^{-4} + (-33,80) \cdot 6,22 \cdot 10^{-5} = 0,00135 \text{ м}.$$

Угол поворота поперечного сечения сваи в уровне подошвы ростверка принимаем $\psi_0 = 0$, поскольку сваи жестко защемлены в ростверк, и в направлении действующего момента M_I расположено 3 ряда свай (более одного), то есть поворот голов свай невозможен.

3) Вычислим давление на грунт боковой поверхности сваи в расчетных сечениях для определения устойчивости грунта.

Приведенная длина сваи $l = \alpha_\varepsilon \bar{l} = 0,595 \cdot 10,8 = 6,426$.

Поскольку $l > 2,5$, давление σ_z , оказываемое на грунт боковой поверхностью сваи, определяем только для одного сечения, расположенного на глубине $z = 0,85/\alpha_\varepsilon = 0,85/0,595 = 1,428$ м, отсчитываемой от уровня подошвы ростверка.

По табл. 9 приложения 1 определим значения безразмерных коэффициентов, соответствующих приведенной глубине расчетного сечения $\bar{z} = \alpha_\varepsilon \cdot z = 0,595 \cdot 1,428 = 0,85$:

$$A_1 = 0,996, C_1 = 0,3625, D_1 = 0,103.$$

Учитывая, что $\psi_0 = 0$ и коэффициент пропорциональности $K = 13200 \text{ кН/м}^4$ (определение K , задача 1), по формуле (10) вычислим:

$$\begin{aligned} \sigma_z = \frac{K}{\alpha_\varepsilon} \left(\frac{U_0 A_1}{\alpha_\varepsilon} - \psi^0 B_1 + \frac{M_0}{\alpha_\varepsilon^2 EI} C_1 + \frac{H_0}{\alpha_\varepsilon^3 EI} D_1 \right) = \\ = \frac{13200}{0,595} \left(0,85 \left| 0,00135 \cdot 0,996 - 0 - \frac{33,80}{0,595^2 \cdot 73584} \cdot 0,3625 + \frac{21,735}{0,595^3 \cdot 73584} \cdot 0,103 \right| \right) = \\ = 19,2 \text{ кПа}. \end{aligned}$$

3) Проверим устойчивость грунта по формуле (8).

В правой части выражения (8) коэффициенты $\eta_1 = 1$, поскольку фундамент не является распорным сооружением. Так как в рассматриваемой задаче момент на уровне нижних концов свай возникает только от действия сейсмических сил (горизонтальные постоянные нагрузки отсутствуют), в формуле (9) принимаем $M_c = 0$, и соответственно $\eta_2 = 1$. Коэффициент $\xi = 0,3$.

Сечение сваи на глубине $z = 1,1428$ м от подошвы ростверка находится в суглинках просадочных (ИГЭ-1), имеющих следующие характеристики в замоченном состоянии: $\varphi_I = 23^0$; $c_I = 21$ кПа; $\gamma_I = 20$ кН/м². Учитывая, что расчет производим для района сейсмичностью 9 баллов, расчетный угол внутреннего трения понижаем на 7^0 . Тогда предельное давление грунта на рассматриваемой глубине:

$$\sigma_u = \eta_I \eta \frac{4}{2 \cos \varphi_I} (\gamma_I \cdot z \cdot \operatorname{tg} \varphi_I + \xi \cdot c_I) =$$

$$= 1 \cdot 1 \cdot \frac{4}{\cos(23 - 9)^0} (20 \cdot 1,1428 \cdot \operatorname{tg}(23^0 - 7^0) + 0,3 \cdot 21) = 60,29 \text{ кПа}.$$

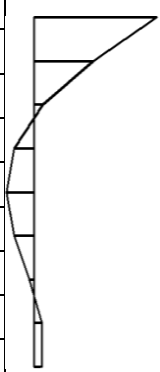
Проверим условие (8): $\sigma_z = 19,2$ кПа < 60,29 кПа. Условие выполняется, устойчивость грунта обеспечена.

3) Проверим сечение свай по сопротивлению материала.

По формуле (17) вычислим значения изгибающих моментов M_z для $z = 0,0; 0,5; 1,0; \dots; 4,0$ и построим эпюру (табл. 3). По эпюре моментов видим, что в нашем случае максимальный изгибающий момент действует в месте сопряжения свай с ростверком, то есть $M_z^{\max} = M_f = -33,8$ кН·м, ему соответствуют $Q_z = H = 21,735$ кН, и $N_z = N_{\max} = 146,49$ кН.

Таблица 3

Вычисление изгибающих моментов в сечениях свай

z	$z, \text{ м}$	A_3	B_3	C_3	D_3	$M_z, \text{ кН}\cdot\text{м}$	Эпюра M_z
0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,0	-33,80	
0,5	0,84	-0,021	-0,005	0,999	0,5	-16,24	
1,0	1,68	-0,167	-0,083	0,975	0,994	-2,52	
1,5	2,52	-0,559	-0,42	0,811	1,437	5,43	
2,0	3,36	-1,295	-1,314	0,207	1,646	7,60	
2,5	4,20	-2,381	-3,131	-1,413	1,1345	5,49	
3,0	5,04	-3,541	-6	-4,688	-0,891	1,41	
3,5	5,88	-3,919	-9,544	-10,34	-5,854	-2,14	
4,0	6,72	-1,614	-11,731	-17,919	-15,076	-1,81	

Подбор армирования свай по полученным максимальным усилиям должен производиться на основании [5] как для внецентренно-нагруженного элемента. Для предварительного упрощенного подбора арматуры могут быть использованы графики приложения 2.

В нашем случае по графику (а) Приложения 2 при усилиях $M_z^{\max} = 33,8$ кН·м и $N_z = 146,49$ кН для свай диаметром 500 мм принимаем армирование: 6Ø12 А-III (А400).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. (Актуализированная редакция СНиП II-7-81).
2. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты (Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85).
3. СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов.
4. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Общие положения. Актуализированная редакция СП 52-01-2003.
5. Ильичев В.А., Монголов Ю.В., Шаевич В.М. «Свайные фундаменты в сейсмических районах»: Учебник.– М.:Стройиздат,– 1983 , 104 с.
6. 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.
7. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика / 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.

Таблица 1
(Таблица 7.5 СП 24.13330.2011 СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85)

Сваи и способы их устройства	Коэффициент условий работы свай γ_{cf}			
	в песках	в супесях	в суглинках	в глинах
1. Набивные по 6.4, а при забивке инвентарной трубы с наконечником	0,8	0,8	0,8	0,7
2. Набивные виброштампованные	0,9	0,9	0,9	0,9
3. Буровые, в том числе с уширением, бетонируемые:				
а) при отсутствии воды в скважине (сухим способом), а также при использовании обсадных инвентарных труб	0,7	0,7	0,7	0,6
б) под водой или под глинистым раствором	0,6	0,6	0,6	0,6
в) жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)	0,8	0,8	0,8	0,7
4. Бурунабивные, полые круглые, устраиваемые при отсутствии воды в скважине с помощью вибросердечника	0,8	0,8	0,8	0,7
5. Сваи-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта	1,0	0,9	0,7	0,6
6. Сваи-столбы	0,7	0,7	0,7	0,6
7. Буруинъекционные, изготавливаемые под защитой обсадных труб или бентонитового раствора с опрессовкой давлением 200-400 кПа (2-4 атм)	0,9	0,8	0,8	0,8
8. Буруинъекционные сваи РИТ	1,3	1,3	1,1	1,1

Таблица 2 (Таблица 12.1 СП 24.13330.2011 СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85)

Расчетная сейсмичность зданий и со- оружений, баллы	Коэффициент условий работы γ_{sq1} для корректировки значений R при грунтах						Коэффициент условий работы γ_{sq2} для корректиров- ки значений f_i при грунтах					
	Пески плотные		Пески средней плотности		Глинистые грунты при показателе текучести		Пески плот- ные и средней плотности		Глинистые грунты при показателе текучести			
	мало- влаж- ные и влаж- ные	насы- щен- ные водой	мало- влаж- ные и влаж- ные	насы- щен- ные водой	$I_L < 0$	$0 \leq I_L \leq 0,5$	мало- влаж- ные и влаж- ные	на- сы- щен- ные во- дой	$I_L < 0$	$0 \leq I_L \leq 0,75$	$0,75 \leq I_L < 1$	
7	<u>1</u> 0,9	<u>0,9</u> 0,5	<u>0,95</u> 0,85	<u>0,8</u> 0,4	<u>1</u> 1	<u>0,95</u> 0,9	<u>0,95</u> 0,85	<u>0,9</u> 0,5	<u>0,95</u> 0,9	<u>0,85</u> 0,8	<u>0,75</u> 0,75	
8	<u>0,9</u> 0,8	<u>0,8</u> 0,4	<u>0,85</u> 0,75	<u>0,7</u> 0,35	<u>0,95</u> 0,95	<u>0,9</u> 0,8	<u>0,85</u> 0,75	<u>0,8</u> 0,4	<u>0,9</u> 0,8	<u>0,8</u> 0,7	<u>0,7</u> 0,65	
9	<u>0,8</u> 0,7	<u>0,7</u> 0,35	<u>0,75</u> 0,6	-	<u>0,9</u> 0,85	<u>0,85</u> 0,7	<u>0,75</u> 0,65	<u>0,7</u> 0,35	<u>0,85</u> 0,65	<u>0,7</u> 0,6	<u>0,6</u> -	

Примечания:

1. Значения γ_{sq1} и γ_{sq2} , указанные над чертой, относятся к забивным, набивным сваям (сваям вытеснения), под чертой - к буровым.
2. Значения коэффициентов γ_{sq1} и γ_{sq2} следует умножать на 0,85, 1,0 или 1,15 для зданий и сооружений, возводимых в районах с повторяемостью 1, 2, 3 соответственно (кроме транспортных и гидротехнических).
3. Несущую способность свай-стоек, опирающихся на скальные и крупнообломочные грунты, определяют без введения дополнительных коэффициентов условий работы γ_{sq1} и γ_{sq2} .

(Таблица 7.2 СП 24.13330.2011 СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ.
Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85)

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R , кПа						
	песков средней плотности						
	гравелистых	крупных	-	средней крупности	мелких	пылеватых	-
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	<u>6600</u> 4000	3000	<u>3100</u> 2000	<u>2000</u> 1200	1100	600
4	8300	<u>6800</u> 5100	3800	<u>3200</u> 2500	<u>2100</u> 1600	1250	700
5	8800	<u>7000</u> 6200	4000	<u>3400</u> 2800	<u>2200</u> 2000	1300	800
7	9700	<u>7300</u> 6900	4300	<u>3700</u> 3300	<u>2400</u> 2200	1400	850
10	10500	<u>7700</u> 7300	5000	<u>4000</u> 3500	<u>2600</u> 2400	1500	900
15	11700	<u>8200</u> 7500	5600	<u>4400</u> 4000	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	<u>4800</u> 4500	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
≥ 35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400

Примечания:

1. Над чертой даны значения R для песков, под чертой - для глинистых грунтов.

2. В таблицах 7.2 и 7.3 глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 м - от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.

Глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта в водоеме следует принимать от уровня дна после общего размыва расчетным паводком, на болотах - от уровня дна болота.

При проектировании путепроводов через выемки глубиной до 6 м для свай, забиваемых молотами без подмыва или устройства лидерных скважин, глубину погружения в грунт нижнего конца сваи в таблице 7.2 следует принимать от уровня природного рельефа в месте сооружения фундамента. Для выемок глубиной более 6 м глубину погружения свай следует принимать как для выемок глубиной 6 м.

3. Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I_L глинистых грунтов значения R и f_i в таблицах 7.2 и 7.3 определяют интерполяцией.

4. Для плотных песков, плотность которых определена по данным статического зондирования, значения R по таблице 7.2 для свай, погруженных без использования подмыва или лидерных скважин, следует увеличить на 100%. При определении плотности грунта по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для плотных песков значения R по таблице 7.2 следует увеличить на 60%, но не более чем до 20000 кПа.

5. Значения расчетных сопротивлений R по таблице 7.2 допускается использовать при условии, если заглубление свай в неразмываемый и несрезаемый грунт составляет не менее, м:

4,0 - для мостов и гидротехнических

сооружений; 3,0 - для зданий и прочих

7. Для супесей при числе $I_p \leq 4$ и коэффициенте $e \leq 0,8$ сопротивления R и f_i следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

8. При расчетах показатель текучести грунтов следует принимать применительно к

Таблица 4 (Таблица 7.3 СП 24.13330.2011 СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85)

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек f_i , кПа								
	песков средней плотности								
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	-	-	-	-	-	-
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	28	7	5	4	4
3	48	35	25	20	30	8	7	6	5
4	53	38	27	22	32	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7

Примечания:

1. При определении расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай f_i следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 2, 3 и 8 к таблице 7.2.
2. При определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.
3. Значения расчетного сопротивления плотных песков на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в таблице.
4. Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15% по сравнению со значениями, приведенными в таблице 7.2, при любых значениях показателя текучести.

Таблица 5

[illegible]

(Таблица 7.7 СП 24.13330.2011 СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ.
Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85)

Глубина заложения нижнего конца сваи h , м	Расчетное сопротивление R , кПа, под нижним концом набивных и буровых свай с уширением и без уширения и свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта и заполняемых бетоном, при глинистых грунтах, за исключением просадочных, с показателем текучести I_L , равным						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	850	750	650	500	400	300	250
5	1000	850	750	650	500	400	350
7	1150	1000	850	750	600	500	450
10	1350	1200	1050	950	800	700	600
12	1550	1400	1250	1100	950	800	700
15	1800	1650	1500	1300	1100	1000	800
18	2100	1900	1700	1500	1300	1150	950
20	2300	2100	1900	1650	1450	1250	1050
30	3300	3000	2600	2300	2000	-	-
40	4500	4000	3500	3000	2500	-	-

Примечание:
 Для свайных фундаментов опор мостов значения, приведенные в таблице, следует:
 а) повышать (при расположении опор в водоеме) на величину, равную $1,5 \gamma_w h_w$,
 где γ_w - удельный вес воды - 10 кН/м^3 ;
 ~~h_w -~~ глубина слоя воды в водоеме от ее уровня при расчетном паводке до уровня дна водоема, а при возможности размыва - до уровня дна после общего размыва;
 б) понижать при коэффициенте пористости грунта $e > 0,6$, при этом коэффициент понижения ~~m~~ следует определять интерполяцией между значениями $m = 1,0$ при $e = 0,6$ и $m = 0,6$ при $e = 1,1$.

Таблица 7

(Таблица В.1. СП 24.13330.2011 СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ.
Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85)

Грунты, окружающие сваи, и их характеристики	Коэффициент пропорциональности K , кН/м ⁴ (тс/м ⁴)
Пески крупные ($0,55 \leq e \leq 0,7$); глины и суглинки твердые ($I_L < 0$)	18000-30000 (1800-3000)
Пески мелкие ($0,6 \leq e \leq 0,75$); пески средней крупности ($0,55 \leq e \leq 0,7$), супеси твердые ($I_L < 0$); глины и суглинки тугопластичные и полутвердые ($0 \leq I_L \leq 0,5$)	12000-18000 (1200-1800)
Пески пылеватые ($0,6 \leq e \leq 0,8$); супеси пластичные ($0 \leq I_L \leq 0,75$); глины и суглинки мягкопластичные ($0,5 \leq I_L \leq 0,75$)	7000-12000 (700-1200)
Глины и суглинки текучепластичные ($0,75 \leq I_L \leq 1$)	4000-7000 (400-700)
Пески гравелистые ($0,55 \leq e \leq 0,7$); крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем	50000-100000 (5000-10000)
<i>Примечания:</i> 1. Меньшие значения коэффициента K в таблице соответствуют более высоким значениям показателя текучести I_L глинистых и коэффициентов пористости e песчаных грунтов, указанным в скобках, а большие значения коэффициента K - соответственно более низким значениям I_L и e. Для грунтов с промежуточными значениями характеристик I_L и e значения коэффициента K определяются интерполяцией.	

Таблица 8 (Таблица Д.2 СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов»)

$\bar{l}$	Опираение сваи на дисперсный грунт			Опираение сваи на скальный грунт			Заделка сваи в скальный грунт			
	A_0	B_0	C_0	A_0	B_0	C_0	A_0	B_0	C_0	
1	0,5	72,004	192,026	576,243	48,006	96,037	192,291	0,042	0,125	0,5
	0,6	50,007	111,149	278,069	33,344	55,609	92,942	0,072	0,18	0,6
	0,7	36,745	70,023	150,278	24,507	35,059	50,387	0,114	0,244	0,699
	0,8	28,14	46,943	88,279	18,775	23,533	29,763	0,17	0,319	0,798
	0,9	22,244	33,008	55,307	14,851	16,582	18,814	0,241	0,402	0,896
		18,03	24,106	36,486	12,049	12,149	12,582	0,329	0,494	0,992
	1,1	14,916	18,16	25,123	9,983	9,196	8,836	0,434	0,593	1,086
	1,2	12,552	14,041	17,944	8,418	7,159	6,485	0,556	0,698	1,176
	1,3	10,717	11,103	13,235	7,208	5,713	4,957	0,695	0,807	1,262
	1,4	9,266	8,954	10,05	6,257	4,664	3,937	0,849	0,918	1,342
	1,5	8,101	7,349	7,838	5,498	3,889	3,24	1,014	1,028	1,415
	1,6	7,154	6,129	6,268	4,887	3,308	2,758	1,186	1,134	1,48
	1,7	6,375	5,189	5,133	4,391	2,868	2,419	1,361	1,232	1,535
	1,8	5,73	4,456	4,299	3,985	2,533	2,181	1,532	1,321	1,581
	1,9	5,19	3,878	3,679	3,653	2,277	2,012	1,693	1,397	1,617
2		4,737	3,418	3,213	3,381	2,081	1,894	1,841	1,46	1,644
	2,2	4,032	2,756	2,591	2,977	1,819	1,758	2,08	1,545	1,675
	2,4	3,526	2,327	2,227	2,713	1,673	1,701	2,24	1,586	1,685
	2,6	3,163	2,048	2,013	2,548	1,6	1,687	2,33	1,596	1,687
	2,8	2,905	1,869	1,889	2,453	1,572	1,693	2,371	1,593	1,687
3		2,727	1,758	1,818	2,406	1,568	1,707	2,385	1,586	1,691
	3,5	2,502	1,641	1,757	2,394	1,597	1,739	2,389	1,584	1,711
	≥ 4	2,441	1,621	1,751	2,419	1,618	1,75	2,401	1,6	1,732

Примечание: при значении глубины $\bar{l}$, соответствующей промежуточному значению, указанному в таблице Д.2, его следует округлить до ближайшего табличного значения.

Таблица 9 (Таблица Д.3 СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов»)

Приведенная глубина распо- ложения сече- ния сваи в грун- те $\bar{z}$	Коэффициенты											
	A_1	B_1	C_1	D_1	A_3	B_3	C_3	D_3	A_4	B_4	C_4	D_4
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0,1	1	0,1	0,005	0	0	0	1	0,1	-0,005	0	0	1
0,2	1	0,2	0,02	0,001	-0,001	0	1	0,2	-0,02	-0,003	0	1
0,3	1	0,3	0,045	0,005	-0,005	-0,001	1	0,3	-0,045	-0,009	-0,001	1
0,4	1	0,4	0,08	0,011	-0,011	-0,002	1	0,4	-0,08	-0,021	-0,003	1
0,5	1	0,5	0,125	0,021	-0,021	-0,005	0,999	0,5	-0,125	-0,042	-0,008	0,999
0,6	0,999	0,6	0,18	0,036	-0,036	-0,011	0,998	0,6	-0,18	-0,072	-0,016	0,997
0,7	0,999	0,7	0,245	0,057	-0,057	-0,02	0,996	0,699	-0,245	-0,114	-0,03	0,994
0,8	0,997	0,799	0,32	0,085	-0,085	-0,034	0,992	0,799	-0,32	-0,171	-0,051	0,989
0,9	0,995	0,899	0,405	0,121	-0,121	-0,055	0,985	0,897	-0,404	-0,243	-0,082	0,98
1	0,992	0,997	0,499	0,167	-0,167	-0,083	0,975	0,994	-0,499	-0,333	-0,125	0,967
1,1	0,987	1,095	0,604	0,222	-0,222	-0,122	0,96	1,09	-0,603	-0,443	-0,183	0,946
1,2	0,979	1,192	0,718	0,288	-0,287	-0,173	0,938	1,183	-0,716	-0,575	-0,259	0,917
1,3	0,969	1,287	0,841	0,365	-0,365	-0,238	0,907	1,273	-0,838	-0,73	-0,356	0,876
1,4	0,955	1,379	0,974	0,456	-0,455	-0,319	0,866	1,358	-0,967	-0,91	-0,479	0,821
1,5	0,937	1,468	1,115	0,56	-0,559	-0,42	0,811	1,437	-1,105	-1,116	-0,63	0,747
1,6	0,913	1,553	1,264	0,678	-0,676	-0,543	0,739	1,507	-1,248	-1,35	-0,815	0,652
1,7	0,882	1,633	1,421	0,812	-0,808	-0,691	0,646	1,566	-1,396	-1,613	-1,036	0,529
1,8	0,843	1,706	1,584	0,961	-0,956	-0,867	0,53	1,612	-1,547	-1,906	-1,299	0,374
1,9	0,795	1,77	1,752	1,126	-1,118	-1,074	0,385	1,64	-1,699	-2,227	-1,608	0,181
2	0,735	1,823	1,924	1,308	-1,295	-1,314	0,207	1,646	-1,848	-2,578	-1,966	-0,057
2,2	0,575	1,887	2,272	1,72	-1,693	-1,906	-0,271	1,575	-2,125	-3,36	-2,849	-0,692
2,4	0,347	1,874	2,609	2,195	-2,141	-2,663	-0,949	1,352	-2,339	-4,228	-3,973	-1,592
2,6	0,033	1,755	2,907	2,724	-2,621	-3,6	-1,877	0,917	-2,437	-5,14	-5,355	-2,821
2,8	-0,385	1,49	3,128	3,288	-3,103	-4,718	-3,108	0,197	-2,346	-6,023	-6,99	-4,445
3	-0,928	1,037	3,225	3,858	-3,541	-6	-4,688	-0,891	-1,969	-6,765	-8,84	-6,52
3,5	-2,928	-1,272	2,463	4,980	-3,919	-9,544	-10,34	-5,854	1,074	-6,789	-13,692	-13,826
4	-5,853	-5,941	-0,927	4,548	-1,614	-11,731	-17,919	-15,076	9,244	-0,358	-15,611	-23,14

Таблица 10

(Таблица 6.11. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции.
Общие положения. Актуализированная редакция СП 52-01-2003.)

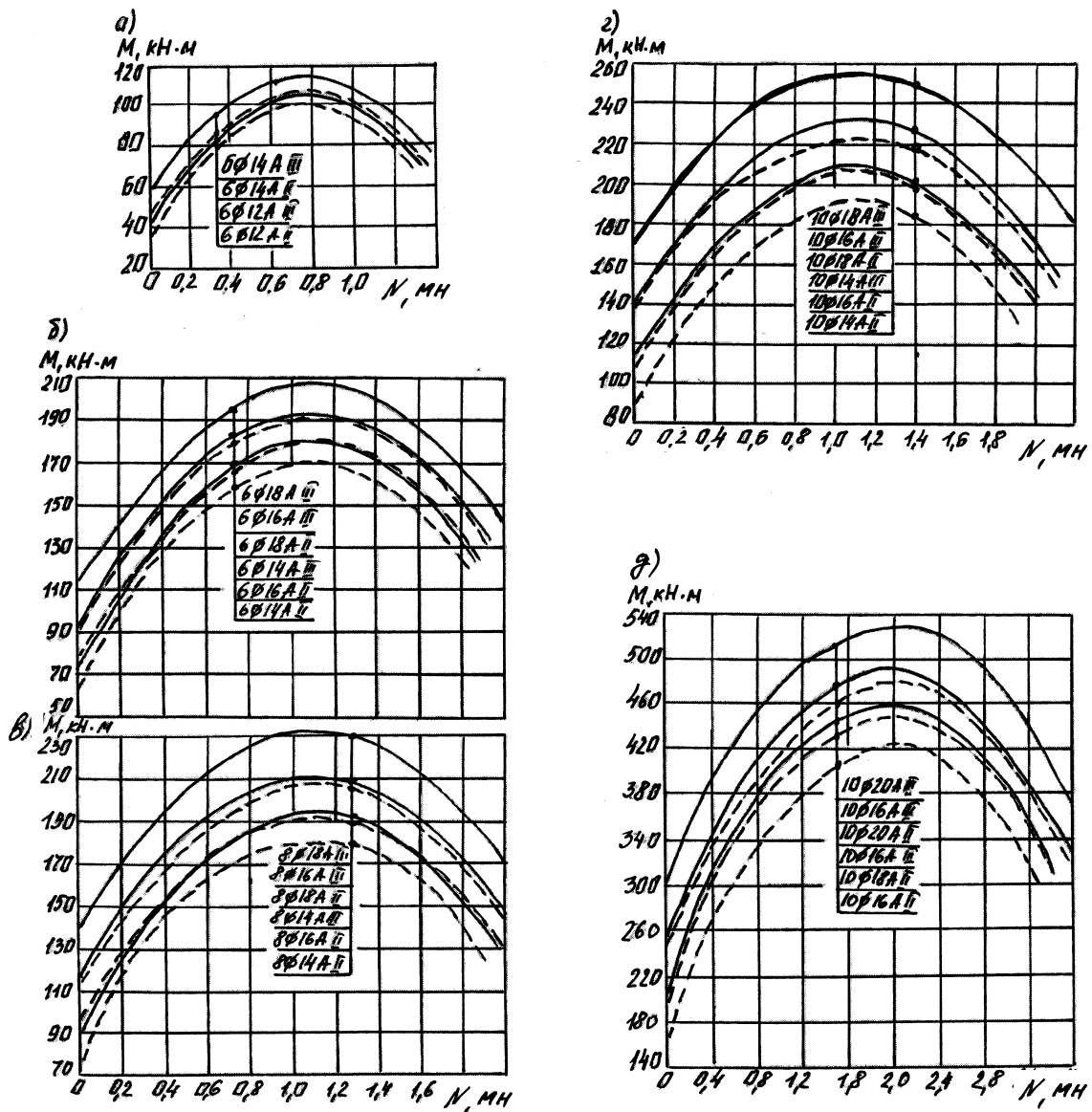
Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении $E_b \cdot 10^3$, МПа (кгс/см ²), при классе бетона по прочности на сжатие										
B10	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
19,0 (194)	24,0 (245)	27,5 (280)	30,0 (306)	32,5 (331)	34,5 (352)	36,0 (367)	37,0 (377)	38,0 (387)	39,0 (398)	39,5 (403)

Приложение 2

Графики к определению прочности материала буронабивных свай, изготавливаемых сухим способом из бетона марки 200 (В15) [7]:

а) диаметром 500 мм с 6 стержнями; б) диаметром 600 мм с 6 стержнями; в) диаметром 600 мм с 8 стержнями; г) диаметром 600 мм с 10 стержнями; д) диаметром 800 мм с 10 стержнями.

Порядок пользования графиками следующий: находится точка пересечения расчетных значений изгибающего момента M и вдавливающей силы, действующей на сваю N , откладываемых по оси ординат и оси абсцисс; кривая сверху, ближайшая к точке пересечения, соответствует требуемому армированию свай.



Окончание приложения 2

Графики к определению прочности материала буронабивных свай, изготавливаемых сухим способом из бетона марки 200 (B15) [7]:

е) диаметром 1000 мм с 10 стержнями; ж) диаметром 1000 мм с 12 стержнями; з) диаметром 1000 мм с 14 стержнями; и) диаметром 1200 мм с 12 стержнями; к) диаметром 1200 мм с 16 стержнями.

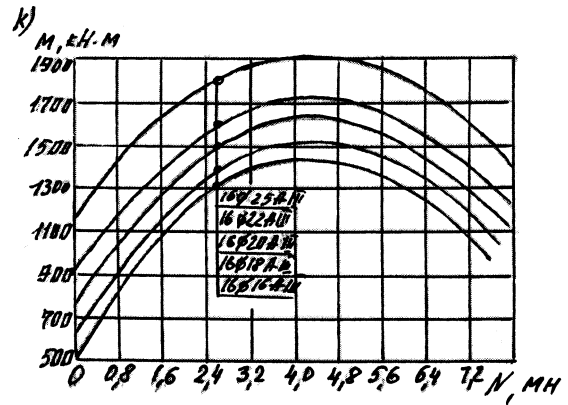
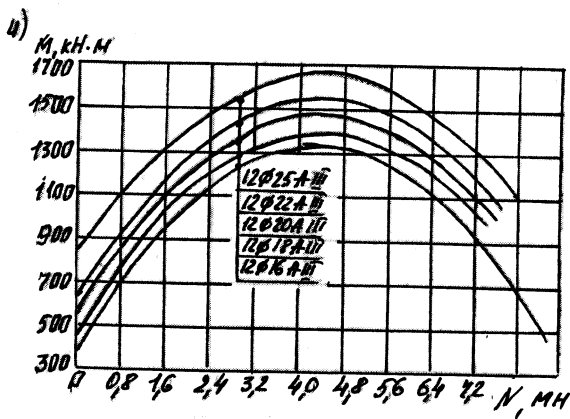
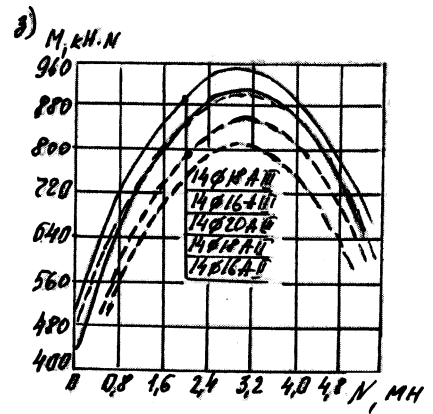
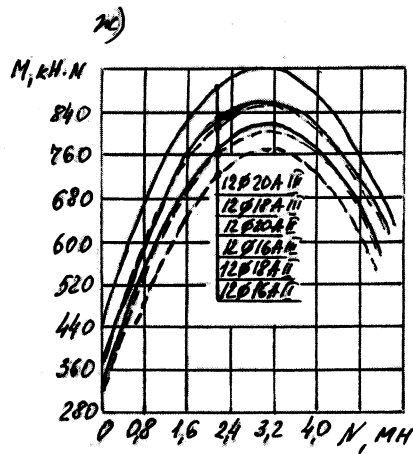
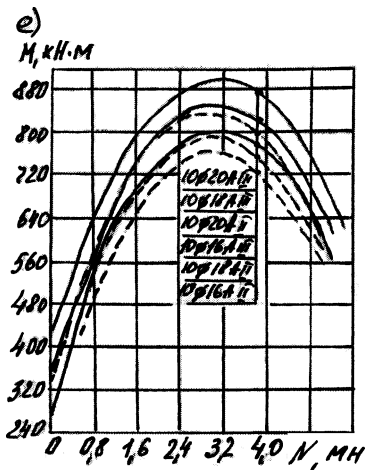
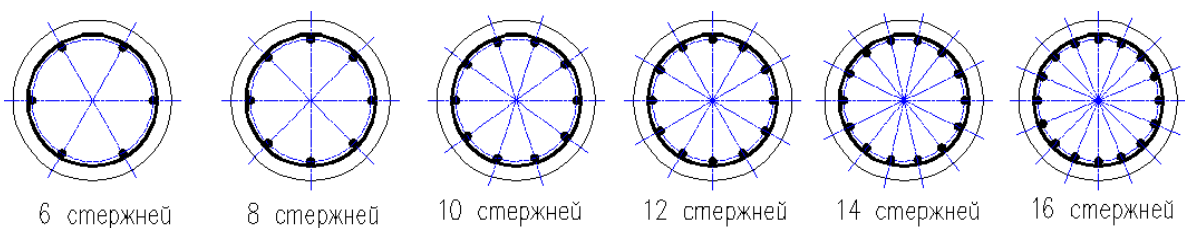
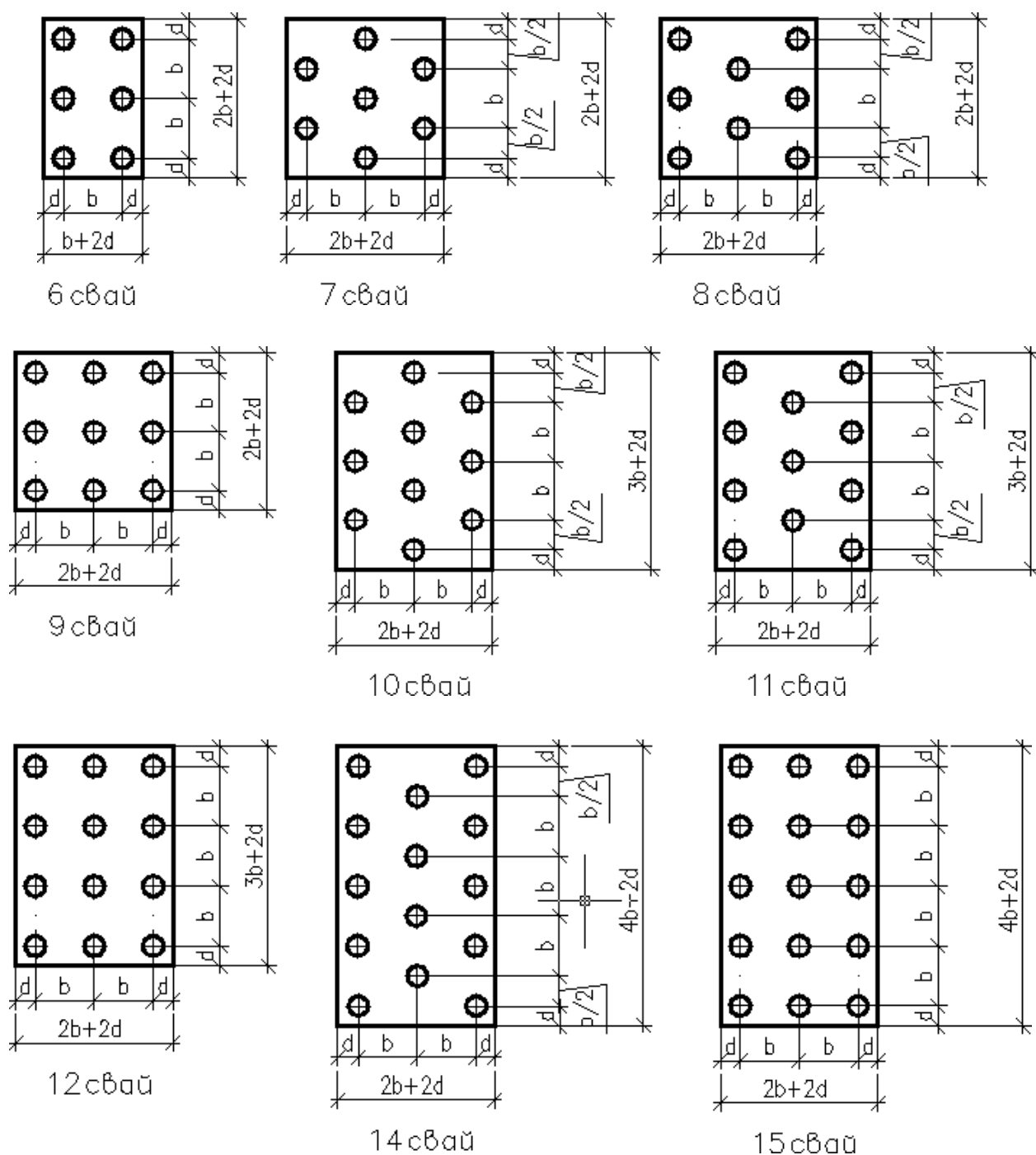


Схема размещения арматурных стержней в сечении свай



Приложение 3

Рекомендуемое размещение свай в ростверке



Примечание.

- 1) Рекомендуется шаг между сваями назначать в пределах $b = (3-6)d$ (d – диаметр поперечного сечения свай). При этом в соответствии с [2, 3] расстояние в свету между сваями должно быть не менее 1 м. При выполнении задачи можно принимать $b = 3d$.
- 2) Размеры ростверка рекомендуется назначать кратными 0,3 м. При этом расстояние от оси крайней сваи до края ростверка принимается не менее d (d – диаметр поперечного сечения свай).

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**

**Проектирование зданий и сооружений в особых условиях
строительства и эксплуатации**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.04.01 – Строительство
Теория и проектирование зданий и
сооружений

Методические рекомендации разработаны для студентов магистрантов по организации самостоятельных работ по дисциплине «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации» с направлением подготовки 08.04.01 Строительство. Профиль подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений» для всех форм обучения.

Оглавление

Введение.....	109
1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации».....	110
2. План-график выполнения самостоятельной работы.....	114
3. Контрольные точки и виды отчетности по ним	114
4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	114
5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины	115
6. Методические указания по подготовке к экзамену	115
7. Методические указания по выполнению курсовой работы	116
Список рекомендуемой литературы.....	123
Дополнительная литература:.....	123
Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студента по дисциплине	124

Введение

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы предназначены для студентов магистрантов направления подготовки 08.04.01 Строительство. Профиль подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений».

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;

- углубления и расширения теоретических знаний;

- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;

- формирования общих и профессиональных компетенций;

- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов используются самостоятельное изучение и подготовка его к лекционным и практическим занятиям, выполнение курсовой работы, подготовка и сдача экзамена.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач; сформированность общеучебных умений;
- уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями
- уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- уровень умения определить, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- уровень умения сформулировать собственную позицию, оценку и аргументировать ее.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации»

Целью освоения дисциплины «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации» является: освоение студентом знаний в области проектирования зданий и сооружений, в т.ч. с привлечением современных методов расчета и вычислительной техники, возводимых в региональных условиях

строительства. Формируется набором из трех компетенций будущего магистра по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство».

Задачи дисциплины: получение представления о целесообразности использования индивидуальных и серийных монолитных, сборных и комбинированных конструктивных элементов, конструкций и материалов местных строительных баз, индустриальных методов строительства зданий, возводимых в особых условиях строительства; закрепление и обновление знаний о принципах и приемах конструирования как отдельных несущих и ограждающих элементов, так и всего здания в целом, о приемах и средствах обеспечения прочности, жесткости и устойчивости конструкций зданий, возводимых в особых условиях строительства; приобретение практических навыков обоснованного выбора конструктивной и строительной системы здания в специфических условиях.

Формируемые в результате подготовки компетенции это:

Знать:

- теоретические основы методологии управления проектами;
- существующие методы оценки риска по фазам реализации проекта;
- степень изменчивости свойств основания, конструкций фундаментов и подземных сооружений в сложных грунтовых условиях;
- основные принципы организации, проведения подрядных торгов, закупок и заключения контрактов, порядок проведения подрядных торгов;
- инженерные решения примыканий вновь возводимых зданий к существующим;
- основы расчета и конструирования защитных сооружений на склонах;
- модели явлений и объектов, относящихся к надежному проектированию зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации;
- основы расчета и конструирования дренажных систем;
- методы расчета и возведения шпунтовых ограждений глубоких котлованов;

– состав рабочей документации, необходимой для технико-экономического обоснования проектного решения.

Уметь:

– использовать полученные знания при оценке целесообразности и жизнеспособности проекта, обосновании инвестиций, анализе рисков, планировании проекта, контроле и регулировании, управлении изменениями, возникающими в ходе осуществления проекта;

– уметь производить учет и оценку рисков с учетом причин и стадий их возникновения, выбирать ставку дисконтирования с учетом иерархии рисков, разрабатывать тендерную документацию, формировать тендерный комитет, регламенты проведения заседаний, подведения итогов торгов и утверждения их результатов, оценивать оферты и выбирать лучшие предложения, заключать контракты на строительство и закупки;

– давать верную инженерную оценку особым условиям строительства;

– проводить анализ и оценку прочности, деформативности, долговечности, надежности и экономичности конструкций на всех стадиях, включая проектирование и эксплуатацию в особых условиях;

– назначать комплекс инженерных мероприятий, обеспечивающих гарантированную безопасность объектов в течение нормативного срока службы, несмотря на особые условия их возведения.

Владеть:

– навыками определения специфических свойств грунтов, их строительной классификации;

– методами проектного анализа, оценки эффективности инвестиционных проектов, планирования и контроля за ходом реализации проекта, оценки и анализа рисков, в выборе эффективных способов управления рисками;

– самостоятельного расчета и проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях.

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

2. План-график выполнения самостоятельной работы

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения, нед.
	1 семестр	
1	Самостоятельное изучение литературы по темам предусмотренным учебным планом	1-16
2	Подготовка к лекционным занятиям. Конспект лекций	1-16
3	Подготовка отчета к практическим занятиям предусмотренным учебным планом. Отчет по практическим работам	1-16
4	Выполнение курсового проекта и его защита	1-16
	Экзамен	

3. Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
	1 семестр		
1	Собеседование по темам лекций 1-16	16	
2	Собеседование по темам. Результаты выполнения практических работ №1-16.	16	
3	Курсовая работа	17	

4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Для выполнения практических работ и курсовой работы, студент должен ознакомиться с соответствующими разделами теоретического материала и приведенными примерами в учебной литературе и методических указаниях по данной дисциплине. Самостоятельную проработку необходимых тем лекционного курса, практических работ, указывает преподаватель на соответствующих занятиях.

Результатами самостоятельной работы студентов по этим материалам

являются составление: конспекта лекций, отчет по практическим занятиям и собеседование с преподавателем по соответствующим темам выполнение курсовой работы и её защита.

5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины

Рабочей программы дисциплины предусмотрены следующие виды занятий и работ для студентов: в первом семестре – лекции, практические работы, курсовая работа, экзамен.

Во время посещения лекций студенты кратко конспектируют основные положения излагаемого материала лекций, выделяя его главные положения, либо слушают этот материал. Рекомендуется повторить прослушанный материал лекции не позднее 48 часов после его изложения. В этом случае начинает срабатывать долгосрочная память, и все основные положения материала будут усвоены. Если какие-то темы рекомендуются проработать самостоятельно, то студентом составляется краткий конспект, проработанный темы материала. При собеседовании с преподавателем по темам лекций студент должен предоставить такой краткий конспект проработанных самостоятельно тем лекций.

При посещении практических работ каждый студент должен иметь отдельную подписанную тетрадь для выполнения заданий по практическим занятиям. В тетради записываются разбираемые темы практических занятий и решенные на разобранные темы задания. Конспект решенных заданий представляется студентом преподавателю ведущим практические занятия при собеседовании.

6. Методические указания по подготовке к экзамену

Для подготовки к экзамену по дисциплине студенту выдается перечень экзаменационных вопросов. Подготовка к экзамену

осуществляется в течение всего изучения курса дисциплины путем проведения лекций-бесед, самостоятельного изучения отдельного материала по учебникам, подготовкой к практическим занятиям, выполнением курсовой работы. В сессию студентам отводится дополнительное время для систематизации полученных знаний, умений и повторения соответствующего материала. Для этого необходимо по каждому вопросу во время подготовки составить краткий тезисный план ответа, включая необходимые поясняющие рисунки.

7. Методические указания по выполнению курсовой работы

Для выполнения курсовой работы в первом семестре каждому студенту выдается индивидуальное задание на тему: «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации». Задание подписывается самим студентом, руководителем курсовой работы и утверждается заведующим кафедрой.

После получения задания студент должен приступить к его выполнению. Курсовая работа выполняется в течение всего семестра.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части – одного листа ватмана формата А1.

Примерный объем пояснительной записки курсового проекта – 35 ÷ 40 листов текста печатающих и графических устройств ЭВМ, с необходимыми рисунками и пояснениями на листах формата А4.

На листе формата А1 размещают: Схема расположения фундаментов, фундамент ФМ-1, фундамент ФМ-2, геологический профиль площадки, расчетная схема свай. Спецификацию элементов. Технические условия.

Пояснительная записка курсовой работы содержит:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;

– основную часть в соответствии с утвержденным заданием на курсовую работу, необходимые рисунки, таблицы, схемы и т.д.

- заключение;
- список использованных источников;
- приложение (при необходимости).

Пояснительная записка работы состоит из следующих основных разделов:

- Расчет столбчатого фундамента;
- Проверка несущей способности основания по I группе предельных состояний на действие вертикальной составляющей внецентренной нагрузки, передаваемой фундаментом на грунт при особом сочетании нагрузок;
- Расчет фундамента на сдвиг по подошве от действия горизонтальной нагрузки при особом сочетании нагрузок.
- Определение и проверка несущей способности буронабивной сваи по грунту на сжимающую нагрузку с учетом сейсмических воздействий;
- Определение несущей способности сваи по грунту;
- Определение допустимой нагрузки на сваю;
- Проверка несущей способности по грунту на сейсмические нагрузки;
- Расчет сваи на совместное действие вертикальной, горизонтальной сил и момента. Расчет устойчивости грунта основания, окружающего сваю;
- Вычисление давления на грунт боковой поверхности сваи в расчетных сечениях для определения устойчивости грунта;
- Проверка устойчивости грунта;
- Проверка сечения сваи по сопротивлению материала;
- Анализ условий проектирования.

Оформление пояснительной записки должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106, ГОСТ 2.104, ГОСТ 2.301, а при оформлении с применением печатающих и графических устройств ЭВМ по ГОСТ 2.004-88 на листах формата А4 (210x297) белой бумаги на одной стороне, межстрочный интервал полуторный. На листах наносится ограничительная рамка, отстоящая от левого края на 20мм и от остальных – на 5мм, поля, штамп. При выполнении текста с применением печатающих и графических устройств ЭВМ шрифт следует использовать «Times New Roman», размер 14, выравнивание «по ширине», интервал 1,5, абзацный отступ первой строки – 1,25 см. Оформление пояснительной записки должно отвечать требованиям ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам, ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.

На листе «Введение» внизу приводится 4-х сантиметровый штамп по высоте, на последующих листах пояснительной записки внизу размещается 1,5 сантиметровый штамп.

Заглавный лист (первый лист текстовой части – введение) пояснительной записки должен соответствовать форме 9, а последующие – форме 9а по ГОСТ 2.106.

Чертежи и схемы курсового проекта должны выполняться на стандартных форматах согласно ГОСТ 2.301 с надписью по ГОСТ 2.104 в правом нижнем углу.

При выполнении чертежей, эскизов, схем должны быть соблюдены правила, установленные государственными стандартами ЕСКД, ЕСПД,

Листы текста следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Титульный лист, лист задания, листы содержания не нумеруются, но просчитываются. Номер страницы проставляется в правом нижнем углу штампа.

Параграфы, пункты и подпункты (кроме введения, заключения, библиографического списка и приложений) нумеруют арабскими

цифрами, например: раздел 1., параграф 1.1., пункт 1.1.1., подпункт 1.1.1.1.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Слово «раздел» не пишется. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание раздела.

Заголовки и подзаголовки приводят в форме именительного падежа единственного или множественного числа. Разделы и подразделы следует располагать в середине строки. Переносы слов в заголовках не допускаются. Каждый раздел, начинается с новой страницы. Между разделом и основным текстом ставится 1 пробел. Точка в конце названия раздела, подраздела не ставится.

Рисунки (чертежи, схемы, рисунки) следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице, если в указанном месте они не помещаются. На все рисунки должны быть даны ссылки по тексту пояснительной записки.

Рисунки должны иметь названия, которые помещают под рисунком посередине. Они нумеруются арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах каждого раздела проекта, например, в пределах одного раздела (первого) – Рисунок 1.1 – Расчетная схема балки настила и эпюры внутренних усилий. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Нумерация рисунков сквозная в пределах каждого раздела. После названия слова рисунок ставится 1 пробел, номер рисунка, тире и его название. Аналогично подписываются таблицы. Слово таблица, ее номер и название подписываются в левом верхнем углу над таблицей. После названия рисунка и окончания таблицы ставится 1 пробел перед основным текстом.

Формулы, для выполнения расчетов должны иметь сквозную нумерацию в пределах каждого раздела. Номер формулы проставляется в скобках двойной цифрой разделенной точкой и помещается в конце

строки. При применении формулы первый раз она записывается полностью, затем с новой строки приводятся необходимые пояснения к ней. При повторном и последующем её применении, она записывается в общем виде с дальнейшей подстановкой в нее всех значений, без пояснений, входящих в неё величин. Подробное изложение выполнения расчетов по курсовому проекту и их последовательность, порядок защиты и список рекомендуемой литературы приводятся в соответствующих методических указаниях по выполнению КР.

После выполнения расчетов по каждому из разделов пояснительной записки студент предоставляет этот материал на проверку преподавателю, ведущему курсовую работу. Проверенные и исправленные по замечаниям, материалы выполненных расчетов пояснительной записки и чертежа, допускаются к защите работы. При защите курсовой работы студент должен назвать тему работы, кратко изложить о проделанной работе, пользуясь при изложении чертежом, ответить на заданные вопросы по теме проекта. После защиты студенту выставляется оценка. Критерии оценивания ответов приведены ниже.

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент при ответе на вопросы как базового, так и повышенного уровня показывает глубокое и всестороннее знание предмета, обязательной и дополнительной литературы, аргументировано и логически стройно излагает материал, пользуясь СП, ГОСТами, может применять знания для анализа конкретных ситуаций.

Оценка **«хорошо»** ставится, если при ответе на вопросы базовой части студент показывает знание предмета, обязательной литературы, знакомстве с дополнительной литературой, аргументировано излагает материал, умеет применять знания для анализа конкретных ситуаций, однако незначительно нарушает последовательность изложения материала, дает недостаточно полное, хотя и верное определение понятий.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если студент при ответе на

вопросы базовой части показал, что он в основном знает предмет, обязательную литературу, может практически применять свои знания, но программный материал излагает фрагментарно и непоследовательно, допускает отдельные ошибки и погрешности при проектировании зданий и сооружений, слабо ориентируется в межпредметных связях.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если студент не отвечает на предлагаемые ему вопросы базовой части или его ответ показывает, что не усвоено основное содержание предмета, обнаруживается незнание большей части учебного материала, допускаются грубые ошибки при формулировке основных понятий

Максимальная сумма баллов по **курсовой работе** устанавливается в **100** баллов и переводится в оценку по 5-балльной системе в соответствии со шкалой:

Шкала соответствия рейтингового балла 5-балльной системе

Рейтинговый балл	Оценка по 5-балльной системе
88 – 100	Отлично
72 – 87	Хорошо
53 – 71	Удовлетворительно
< 53	Неудовлетворительно

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенцию ПК-4.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо прочитать лекционный материал, выполнить курсовую работу, изучить дополнительную литературу, установить взаимосвязи между изучаемыми понятиями, запомнить основные определения, продумать, где они могут применяться. Рекомендуется готовиться к данному контрольному мероприятию в течение семестра, разбирая теоретические задания для оценки сформированности компетенций к каждому практическому занятию, вовремя выполняя этапы курсовой работы. Эти задания предлагаются в УМК дисциплины «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях

строительства и эксплуатации», представленном на кафедре строительства.

Содержание и объем материала, подлежащего проверке, определяется программой дисциплины. При проверке усвоения этого материала производится выявление полноты, прочности усвоения студентами теории и умения применять ее на практике.

При оценке в первую очередь учитываются показанные студентами знания и умения (их полноту, глубину, прочность, использование). Оценка также зависит от наличия и характера погрешностей. Среди погрешностей выделяют ошибки и недочеты. Погрешность считается ошибкой, если она свидетельствует о том, что студент не овладел основными знаниями, умениями, указанными в программе.

К недочетам относятся погрешности, свидетельствующие о недостаточно полном или недостаточно прочном усвоении основных знаний и умений или об отсутствии знаний, не считающихся основными в соответствии с программой. Недочетами также являются: погрешности, которые не привели к искажению смысла, полученного студентом задания или способа его выполнения, неаккуратная запись, небрежное выполнение чертежа.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Петраков, А. А. Здания и сооружения в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях : учебно-методическое пособие / А. А. Петраков, В. В. Яркин, А. В. Кухарь. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2020. — 85 с.

2. Мустакимов, В. Р. Проектирование зданий в особых природно-климатических условиях. Том 1 : учебное пособие / В. Р. Мустакимов. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2018. — 240 с.

3. Антонов, В. М. Свайные фундаменты (примеры расчёта и конструирования) : учебное пособие / В. М. Антонов. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 80 с.

Дополнительная литература:

3. Леденев, В. В. Аварии, разрушения и повреждения. Причины, последствия и предупреждения : монография / В. В. Леденев, В. И. Скрылев. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 440 с.

4. Леденёв, В. В. Строительство и механика : справочник / В. В. Леденёв. — 2-е изд. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 444 с.

5. Павлищева, Н. А. Основы проектирования и технической эксплуатации зданий и сооружений : учебное пособие / Н. А. Павлищева. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 390 с.

6. Юдина, И. М. Фундаменты, подпорные стены и ограждения котлованов : учебно-методическое пособие / И. М. Юдина, Д. Ю. Чунюк, Н. Г. Лобачева. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2020. — 59 с.

7. Яркин, В. В. Моделирование системы «Основание – фундамент – сооружение» в сложных инженерно-геологических условиях : монография / В. В. Яркин ; под редакцией А. А. Петракова. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2020. — 392 с.

Перечень учебно-методического¹² обеспечения самостоятельной работы студента по дисциплине

1. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации» для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» очной и заочной форм обучения. г. Ставрополь.

2. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование зданий и сооружений в особых условиях строительства и эксплуатации» для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» очной и заочной форм обучения. г. Ставрополь