

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  
Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях**

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 «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях».

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

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>СОДЕРЖАНИЕ</u> .....                                                                                                                          | 3  |
| <u>Практическая работа 1. Построение схематической карты сейсмического районирования Ставропольского края</u> .....                              | 1  |
| <u>Практическая работа 2. Анализ схематической карты сейсмического районирования Ставропольского края по геологическим признакам</u> .....       | 3  |
| <u>Практическая работа 3. Анализ I категории грунтов по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)</u> .....                              | 5  |
| <u>Практическая работа 4. Анализ скальных и крупнообломочных грунтов II категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)</u> ..... | 7  |
| <u>Практическая работа 5. Анализ песчаных грунтов II категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)</u> .....                    | 9  |
| <u>Практическая работа 6. Анализ глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)</u> .....                   | 11 |
| <u>Практическая работа 7. Анализ мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)</u> .....                     | 13 |
| <u>Практическая работа 8. Анализ песчаных грунтов III категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)</u> .....                   | 15 |
| <u>Практическая работа 9. Анализ глинистых грунтов III категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СП 14.13330.2018)</u> .....                  | 17 |
| <u>Практическая работа 10. Основные понятия надежности зданий и сооружений</u> .....                                                             | 19 |
| <u>Практическая работа 11. Оценка разрушения сооружений вследствие постепенных отказов</u> .....                                                 | 21 |
| <u>Практическая работа 12. Прогнозирование долговечности сооружений</u> .....                                                                    | 23 |
| <u>Практическая работа 13. Определение технического состояния сооружений по внешним признакам</u> .....                                          | 26 |
| <u>Практическая работа 14. Оценка разрушения сооружений вследствие внезапных отказов</u> .....                                                   | 30 |
| <u>Практическая работа 15. Прогнозирование вероятности аварий</u> .....                                                                          | 32 |
| <u>Практическая работа 16. Исследование надежности конструктивных систем сооружений при проектировании</u> .....                                 | 37 |
| <u>Практическая работа 17. Экономическая оценка ущерба от отказов конструкций</u> .....                                                          | 39 |
| <u>Список рекомендуемой литературы</u> .....                                                                                                     | 43 |
| <u>Дополнительная литература</u> .....                                                                                                           | 43 |

## 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:

### **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:

### **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 прогнозируемых) зависит расчетная сейсмичность площадок?

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:

#### **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:

### **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:

### **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:

### **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 свойства (табл. 1 СП 14.13330.2018)**

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

### **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:

### **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:

### **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:

### **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:

### **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  $\gamma_m$ , нагрузкам  $\gamma_f$ , условию работы  $\gamma_c$  и назначению  $\gamma_n$ , 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  $\gamma$ , относительной надежности  $y$  и средних при этом повреждениях  $\varepsilon$  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  $\varepsilon$  от состояния конструкций

| Характеристики                                                               | Эксплуатационное состояние конструкций |                                |                        |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
|                                                                              | Удовлетворительное                     | Неудовлетворительное           | Аварийное              |
| Полный коэффициент надежности $\gamma$ при разрушении по:<br>арматуре бетону | $>1,35$<br>$>1,54$                     | $1,21...1,35$<br>$1,21...1,54$ | $1...1,2$<br>$1...1,2$ |
| 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:

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

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

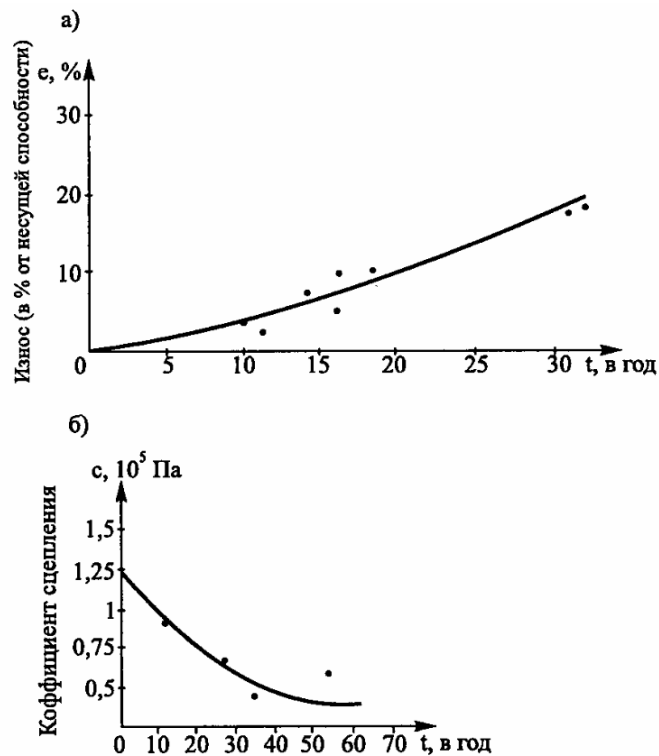


Рисунок 12.1 – Изменение надежности сооружений со временем: а – снижение несущей способности железобетонных эстакад; б – снижение сцепления глинистых грунтов в результате ползучести

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  $\lambda$  – 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:

#### **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  $\gamma$  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  $\gamma$  и  $\epsilon$  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<br>техничес-<br>кого<br>состояния | Описание технического состояния                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Отно-<br>сите-<br>льная<br>наде-<br>жность | Повре-<br>жден-<br>ность |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| 1                                           | Хорошее. Исправное состояние конструкций. Отсутствуют видимые повреждения. Выполняются все требования действующих норм и проектной документации. Необходимости в ремонтных работах нет.                                                                                                                                                                      | 1                                          | 0                        |
| 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:

### **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 удастся 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:

### **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 $\beta$ | 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 завышения 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.<br>вес<br>усл. | Оценка в баллах |   |   |   |   | Уд.<br>надеж-<br>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 строительства 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 неквалифицированными 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:

### **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).

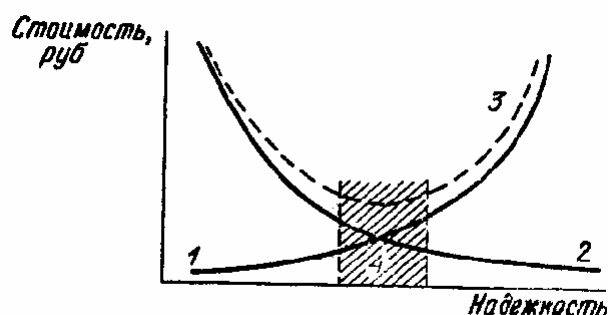


Рисунок 17.1 – Схема определения оптимального уровня надежности: 1 – капиталовложения; 2 – эксплуатационные расходы; 3 – приведенные затраты; 4 – зона оптимального решения

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 совершенствованием 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  $U$ .

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  $\tau$ , 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  $n_\tau$  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  $i$  за весь срок эксплуатации.

Затраты  $C_i$  производятся при восстановлении или ремонте, что происходит с вероятностью  $P_{i0}$  (переход системы из состояния  $\Omega_i$  в состояние  $\Omega_0$ ). Предполагая, что величины  $C_0, C_1, \dots, C_m$ , а также переходные вероятности  $P_{if}$  зависят от коэффициента запаса  $\xi$ , можно найти оптимальное значение коэффициента запаса  $\xi_0$  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. Прочитать 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. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85915.html>
2. Леденёв, В. В. Строительство и механика : справочник / В. В. Леденёв. — 2-е изд. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 444 с. — ISBN 978-5-8265-2054-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/99808.html>

#### **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  
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях**

Направление подготовки  
Направленность (профиль)

08.04.01 Строительство  
Теория и проектирование зданий и  
сооружений

Ставрополь



Методические указания предназначены для студентов специальности 08.04.01 к выполнению РГР по дисциплине «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях». Выполнение РГР является опытом практического приложения теоретических знаний к решению конкретных задач в рамках изучаемой дисциплины. Этот трудоемкий процесс потребует от студентов определенных навыков.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования и программы дисциплины «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях» и предназначены для студентов всех форм обучения.

## Содержание

|   |                                                                      |    |
|---|----------------------------------------------------------------------|----|
|   | Введение.....                                                        | 4  |
| 1 | Определение координат расчетных сечений.....                         | 5  |
| 2 | Определение вертикального давления в расчетных точках..              | 14 |
| 3 | Определение активного давления в расчетных точках.....               | 15 |
| 4 | Построение эпюры активного давления.....                             | 16 |
| 5 | Построение эпюры пассивного давления.....                            | 17 |
| 6 | Уточнение требуемой глубины заделки.....                             | 17 |
| 7 | Определение расчетного изгибающего момента в<br>подпорной стене..... | 19 |
| 8 | Пример выполнения расчетно-графической работы.....                   | 20 |
| 9 | Варианты заданий.....                                                | 31 |
|   | Список использованных источников.....                                | 33 |

## Введение

Расчетно-графическая работа предназначена для приобретения навыков определения рациональных параметров стен подземных сооружений мелкого заложения и ограждения стенок при котлованном способе возведения. В рамках работы необходимо выполнить расчет активного давления грунта в расчетных сечениях подпорной стены (ограждения), определить величину заглубления стены в грунт для обеспечения устойчивости положения, определить внутренние усилия в стене, возникающие от давления грунта.

Высота подпорной стены  $H$  (или глубина котлована) принимается равной 10 м. остальные числовые исходные данные определяются в соответствии с вариантом задания. По первой цифре варианта задания выбираются данные, расположенные в столбце таблицы 1, по второй цифре – в таблице 2, по третьей – в таблице 3. Например, при варианте №432 из таблицы 1 берется столбец 4, из таблицы 2 – столбец 3, из таблицы 3 – столбец 2. В таблице даны мощности первых двух от поверхности слоев. Мощность третьего слоя не ограничена.

Для выполнения графической части работы следует использовать миллиметровую бумагу формата А3 или А4.

## 1 Определение координат расчетных сечений

Принимается система координат, в которой ось  $x$  совпадает с линией поверхности грунта, ось  $y$  – с внутренней гранью стены (линией стены). Начало координат обозначено точкой  $O$ . Поверхность грунта имеет ординату  $y = 0$ . Координаты расчетных точек определяются расчетом и графическим построением.

Величина активного давления вычисляется в расчетных сечениях стены, в которых эпюра давления претерпевает резкие изменения. В промежутках между расчетными сечениями эпюра имеет линейный характер. К расчетным сечениям относятся границы между слоями грунта, имеющими разные механические характеристики. В задании дано три слоя грунта, следовательно, таких границ две: они на схеме стены отмечены расчетными точками  $A$  и  $B$ . Точка  $A$  имеет ординату  $y_A = m_1$ , точка  $B$  – ординату  $y_B = m_1 + m_2$ . В каждой точке рассматривается два расчетных сечения, имеющие одну и ту же ординату  $y$ : одно расположено несколько выше расчетной точки и обозначается  $A$ -в или  $B$ -в, другое ниже расчетной точки и обозначается  $A$ -н или  $B$ -н.

К расчетным точкам также относятся точка  $K$ , которая находится на уровне дна котлована ( $y_K = H$ ) и точка  $Z$  – на уровне заделки стены в грунт ( $y_Z = H + z$ ). Последняя точка имеет условную координату, поскольку глубина заделки является предметом расчета и будет установлена по его окончании. Для определенности в первом приближении принимается глубина заделки  $z = 1$  м.

Кроме указанных расчетных сечений характерные изменения возникают на эпюре в местах начала и окончания влияния на стену нагрузок на поверхности. В задании даны две полосовые нагрузки на поверхности, следовательно, на эпюре еще четыре расчетных точки. Они обозначены буквами:  $C$  – точка начала влияния нагрузки  $q_1$ ,  $D$  – точка окончания влияния нагрузки  $q_1$ ,  $E$  – точка начала влияния нагрузки  $q_2$ ,  $F$  – точка окончания влияния нагрузки  $q_2$ . Во всех расчетных точках также рассматриваются два сечения, имеющие одну и ту же ординату  $y$ : одно расположено несколько выше расчетной точки, другое ниже расчетной точки.

Расчетные точки нужно нанести на расчетную схему. Расчетная схема выполняется в масштабе М1:50 таким образом, чтобы на формате А4 разместилась подпорная стена и призмы сползания (обрушения). Линия стены (ось  $y$ ) должна располагаться в левой части листа на расстоянии от 1 до 2 см от левой границы листа. Линия поверхности грунта (ось  $x$ ) должна располагаться на таком же расстоянии от верхней границы листа.

В том же масштабе на линии поверхности грунта обозначаются точки начала и конца полосовых нагрузок. Точка  $X_1$  находится на расстоянии  $a$  от точки  $O$  ( $x = a$ ), точка  $X_2$  – на расстоянии  $b$  от точки  $X_1$  ( $x = a+b$ ), точка  $X_3$  – на расстоянии  $d$  от точки  $X_2$  ( $x = a+b+d$ ), точка  $X_4$  – на расстоянии  $b$  от точки  $X_3$  ( $x = a+2b+d$ ).

На линии поверхности грунта наносится точка выхода на поверхность линии сползания  $O_1$ . Ее координата определяется графически и расчетом. Мощность последнего, третьего слоя принимается равной:

$$m_3 = H - m_1 - m_2 \quad (1)$$

где  $H$  - высота стены, м;

$m_1$  - мощность первого слоя, м;

$m_2$  - мощность второго слоя, м;

$z$  - глубина заделки стены в грунт, м,

Определение координаты точки  $O_1$  графически показано на рисунке 1. Вначале из точки  $Z$  строится линия сползания третьего слоя под углом  $\theta_3$  к горизонтали до пересечения с границей второго слоя. Координата  $x$  точки пересечения  $B_1$ :

$$x_{B1} = \frac{m_3 \cdot \operatorname{ctg} \theta_3}{g} \quad (2)$$



На рисунке 1 показан простейший вариант, когда линия сползания, проведенная из точки  $X_1$ , пересекает линию стены в первом слое. Полученная точка пересечения и есть точка  $C$ . Координата ее может быть определена аналитически:

$$y_c = a \cdot \operatorname{tg} \vartheta_1. \quad (6)$$

На уровне точки  $C$  определяется эквивалентная нагрузка, которая полностью покрывает призму сползания и распределяется на участке между точками  $C$  и  $C_1$ . Точка  $C_1$  получается при пересечении линии сползания, проведенной из точки  $X_2$  вправо, с горизонтальной линией, проведенной из точки  $C$ . Длина участка между точками  $C$  и  $C_1$ ,  $a$ , следовательно, и координата  $x_{cl}$  равна  $2a - b$ , а интенсивность эквивалентной нагрузки:

$$q_0 = q \cdot \frac{b}{2a - b} \quad (7)$$

Из точки  $C_1$  проводится линия сползания, ограничивающая распространение давления от эквивалентной нагрузки, влево под углом  $\theta_1$  к горизонтали. На рисунке 1 рассмотрен вариант 1, когда линия сползания, идущая из точки  $C_1$ , пересекает линию стены в первом слое. Тогда координата точки  $D$  пересечения:

$$y_D = y_c (2a - b) \operatorname{tg} \vartheta_1. \quad (8)$$

Если определенная по формуле (8) величина больше мощности первого слоя, то это означает, что пересечение линии сползания произойдет сначала с границей между слоями. Такой случай (вариант 2) рассмотрен на рисунке 2.





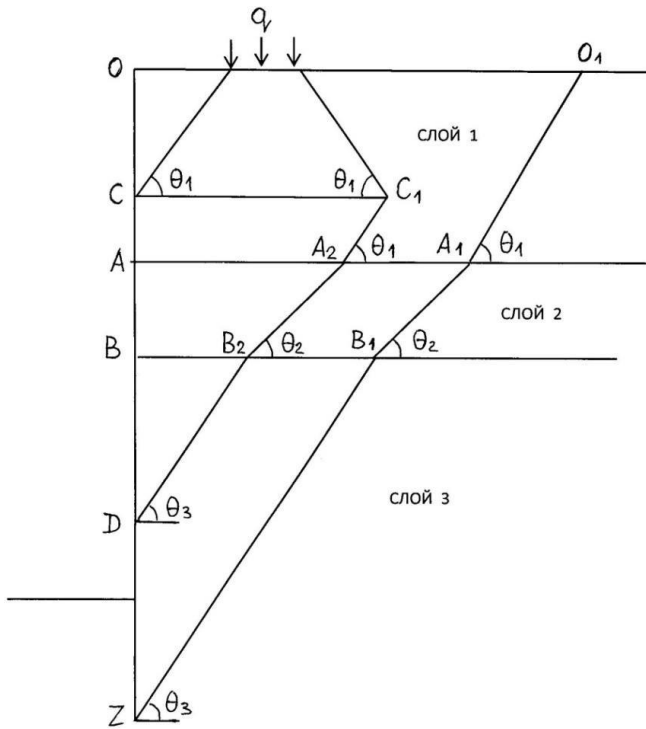


Рисунок 3 - К определению расчетных точек. Вариант 3 Координата точки пересечения  $B_2$ :

$$x_{B_2} = x_{A_2} + m_2 \cdot \operatorname{ctg} \theta_2. \quad (11)$$

Из точки  $B_2$  линия сползания идет под углом  $\theta_3$  до пересечения с линией стены в точке  $D$ , координата которой:

$$y_D = y_{B_2} + x_{B_2} \cdot \operatorname{tg} \theta_3. \quad (12)$$

Возможен вариант 4, когда линия сползания, проведенная из точки  $X_1$ , не пересекает линию стены в первом слое, а пересекает границу между первым и вторым слоями (точка  $A_3$  на рисунке 4).



Если линия сползания, проводимая из точки  $C_1$  пересекает границу между вторым и третьим слоями раньше, чем линию стены, как показано на рисунке 5 (вариант 5). Точка  $B_2$  пересечения границы слоя, из которой линия сползания идет под углом  $\theta_3$  к горизонтали до пересечения с линией стены в точке  $D$  имеет координату:

$$x_{B_2} = 2a + b(y_B - y_C) \operatorname{ctg} \theta_2. \quad (16)$$

Координата точки  $D$  :

$$y_D = y_B + x_{B_2} \cdot \operatorname{tg} \theta_3. \quad (17)$$

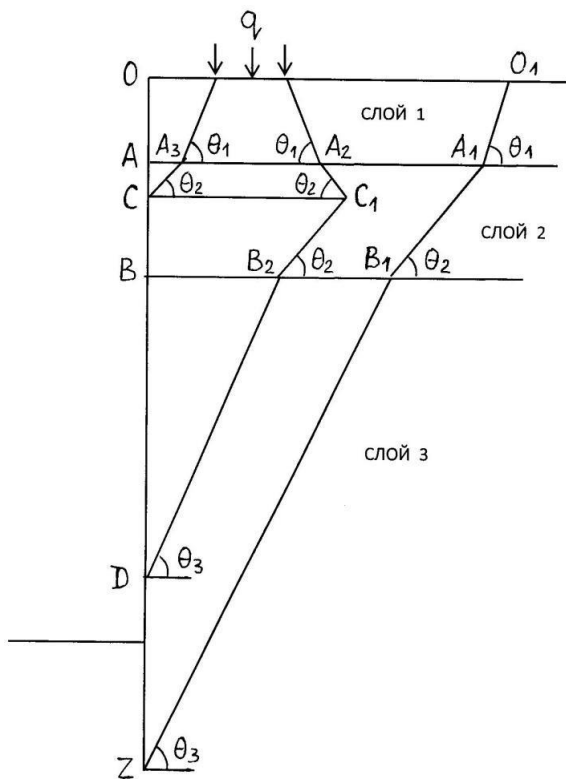


Рисунок 5 - К определению расчетных точек. Вариант 5

Возможен, наконец, вариант 6, показанный на рисунке 6, когда точка  $C$  оказывается в третьем слое. Линии сползания из точки  $X_1$  последовательно строятся под соответствующими углами сползания трех слоев до пересечения линии стены. Координата точки  $C$  в этом случае определяется по формуле:

$$y_C = (a m_1 \cdot \operatorname{ctg} \theta_1 + m_2 \cdot \operatorname{ctg} \theta_2) \operatorname{tg} \theta_3. \quad (18)$$

Для определения ординаты точки D нужно последовательно строить линии сползания вправо в первом слое до пересечения с границей второго слоя, во втором слое – до пересечения с границей третьего слоя, в третьем – до пересечения с горизонтальной линией, проведенной из точки C. Поскольку длина участка C-C<sub>1</sub> равна  $2a + b$ , то координата точки D:

$$y_D = y_c (2a + b) \cdot \operatorname{tg} \vartheta. \quad (19)$$

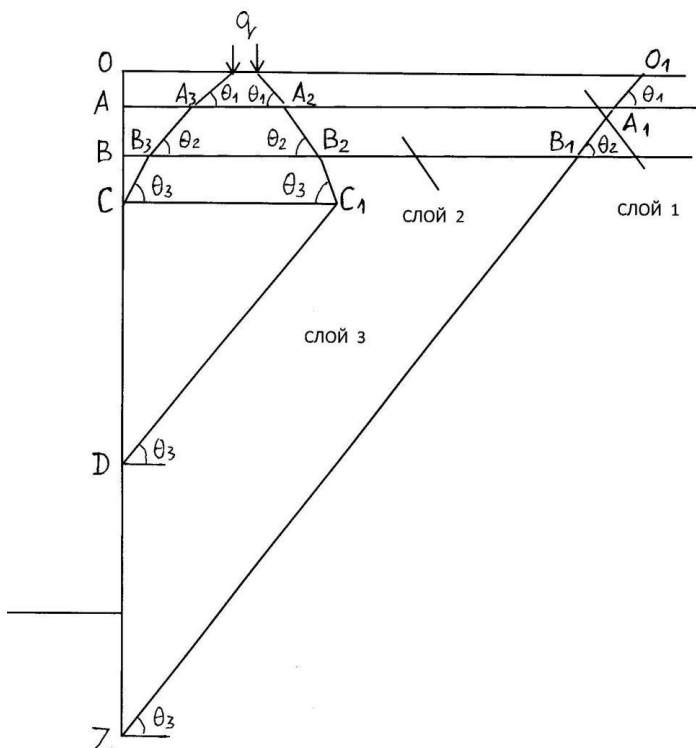


Рисунок 6 - К определению расчетных точек. Вариант 6

Если какая-либо из линий сползания, проведенных вправо, пересечет границу призм сползания: линии A<sub>1</sub>-O<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>-A<sub>1</sub> или Z-B<sub>1</sub>, то это означает, что нижней границей влияния нагрузки на стену будет точка Z. Аналитически это условие выражается сравнением величины  $2a + b$  с координатами границ призм сползания: при расположении точки C в первом слое:

$$2a + b \geq y_{O1} \cdot \operatorname{tg} \vartheta, \quad (20)$$

во втором слое:

$$2a + b \geq (y_c + m_1) \cdot \operatorname{tg} \vartheta, \quad (21)$$

в третьем слое:

$$2a + b \cdot \gamma_{B1} (y_c - m_1 - m_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (22)$$

Совершенно аналогична последовательность действий при определении границ влияния полосы нагрузки интенсивностью  $q_2$ . Единственное отличие заключается в том, что при использовании формул, в которые входит величина  $a$ , вместо нее нужно подставлять выражение:  $a + b + d$ , а вместо букв С и D в обозначениях на рисунках понимать обозначения Е и F. Так, например, формула (20) будет выглядеть так:

$$2(a + b + d) + b \cdot \gamma_{O1} y_E \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Если полоса нагрузки на поверхности выходит за пределы призмы сползания:

$$a + 2b + d \cdot \gamma_{O1}, \quad (23)$$

то в определении положения точки D надобность отпадает – она совпадает с точкой Z.

## 2 Определение вертикального давления в расчетных точках

Следует напомнить, что активное (горизонтальное) давление грунта на подпорную стену (без учета влияния сил сцепления и нагрузки на поверхности грунта) определяется путем умножения вертикального давления на коэффициент горизонтального (бокового) давления  $\lambda$ . Величины вертикального давления определяются по формулам: для точек, находящихся в пределах первого слоя:

$$p^s = \gamma_1 y, \quad (24)$$

второго слоя

$$p^s = \gamma_1 \cdot m_1 + \gamma(y - m_1), \quad (25)$$

третьего слоя

$$p^s = \gamma_1 \cdot m_1 + \gamma m_2 + \gamma(y - m_1 - m_2). \quad (26)$$

### 3 Определение активного давления в расчетных точках

Активное давление в сечениях, расположенных выше точки С, определяется по формуле:

$$p_a = p^e_i \cdot \lambda - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (27)$$

где  $\lambda_i$  – коэффициент горизонтального (бокового) давления

$$\lambda_i = \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (28)$$

индекс  $i$  означает номер слоя, в котором находится расчетное сечение.

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точки С, но выше точек D и E, определяется по формуле:

$$p_a = (p^e_{q1}) \cdot \lambda_i - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (29)$$

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точки D, но выше точки E, определяется по формуле (27).

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точек С и E, но выше точек D и F, определяется по формуле:

$$p_a = (p^e_{q1} + q_2) \cdot \lambda_i - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (30)$$

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точек С, D и E, но выше точки F, определяется по формуле:

$$p_a = (p^e_{q2}) \cdot \lambda_i - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (31)$$

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точки F, определяется по формуле (27).

Если величина активного давления в результате расчета оказывается отрицательной, это свидетельствует об отсутствии активного давления. В этом случае его числовое значение принимается равным нулю.

#### 4 Построение эпюры активного давления

Эпюра активного давления строится на миллиметровой бумаге в системе координат, в которой вертикальная ось такая же, как и при построении подпорной стены – линия стены, по горизонтальной оси откладываются значения интенсивности активного давления в расчетных точках. Рекомендуется вертикальную ось расположить посередине листа, а ось  $x$  на расстоянии от 1 до 2 см от верха листа. Масштаб по вертикальной оси – линейный – такой же, как и при построении подпорной стены. Масштаб по горизонтальной оси – силовой – принимается таким, чтобы все значения активного давления поместились в пределах листа. Рекомендуются масштабы: 0,5 кПа в 1 мм или 1 кПа в 1 мм. В любом случае масштаб должен быть удобен для откладывания значений и пересчета в натуру. Значения активного давления откладываются вправо от оси  $y$ . В каждой расчетной точке откладываются два значения, относящиеся к верхнему или нижнему сечениям. Числовые значения надписываются соответственно выше и ниже линии расчетной точки. Значения активного давления в промежутках между расчетными точками изменяются линейно, поэтому точки на эпюре соединяются прямыми линиями. Отрицательные значения давления также откладываются на эпюре (в левую сторону), но они используются лишь для построения. Координаты точек пересечения эпюры с осью  $y$  должны быть определены графически или аналитически. В частности, точка пересечения в первом слое расположена на глубине:

$$y_0 = \frac{2 \cdot c_1}{90^\circ \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \varphi} \cdot \quad (32)$$

Эту же величину можно получить из рассмотрения подобия треугольников на эпюре.

## 5 Построение эпюры пассивного давления

Пассивное давление возникает на участке заглубления стены в грунт. Для построения эпюры, также имеющей линейный характер, нужно вычислить пассивное давление на уровне дна котлована:

$$p_{nH} = c_3 \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi_3}{2} \quad (33)$$

и в точке Z:

$$p_{nZ} = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ + \varphi_3}{2} + 2 \cdot c_3 \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi_3}{2} \quad (34)$$

Полученные величины откладываются на эпюре в левую сторону, либо строится отдельная эпюра. Следует заметить, что величины пассивного давления намного больше величин активного давления, и поэтому силовой масштаб этой эпюры может быть более мелким.

## 6 Уточнение требуемой глубины заделки

Для определения требуемой глубины заделки вначале производится вычисление опрокидывающего и удерживающего моментов сил, действующих на подпорную стену при принятой глубине заделки  $z = 1$  м. Точку Z принимаем в качестве неподвижной точки, относительно которой вычисляются моменты. Фактически неподвижная точка принимается на глубине, равной 0,8 от глубины заделки. Поэтому, если принятая величина  $z = 1$  м окажется достаточной, то фактическую глубину заделки следует принять равной 1,25 м. Поскольку глубина заделки – предмет решения задачи расчета, то сначала находится глубина неподвижной точки, а потом – необходимая глубина заделки.



Найти момент сил относительно точки  $Z$  проще всего, определив сначала равнодействующие давления, действующего на отдельные участки, распределение которого носит простейший характер, а затем найти сумму моментов полученных сил. Величина равнодействующей участка эпюры равна площади этой эпюры. Линия действия равнодействующей проходит через центр тяжести эпюры. Поэтому эпюры разбиваются на совокупность прямоугольных и треугольных эпюр, так как площади и положение центров тяжести этих фигур известны. Фрагмент разбиения эпюры на простые фигуры показан на рисунке 7. Участки пронумеровываются. Вычисляются равнодействующие силы –  $R$  – участков. При вычислении площади размер по вертикали берется в метрах, а по горизонтали – в кПа. Напомним, что расчет подпорной стены ведется в плоской постановке, то есть рассматривается единица длины стены – в нашем случае – 1 м, на которую нужно умножить интенсивность давления. Поэтому в итоге размерность равнодействующей – кН.

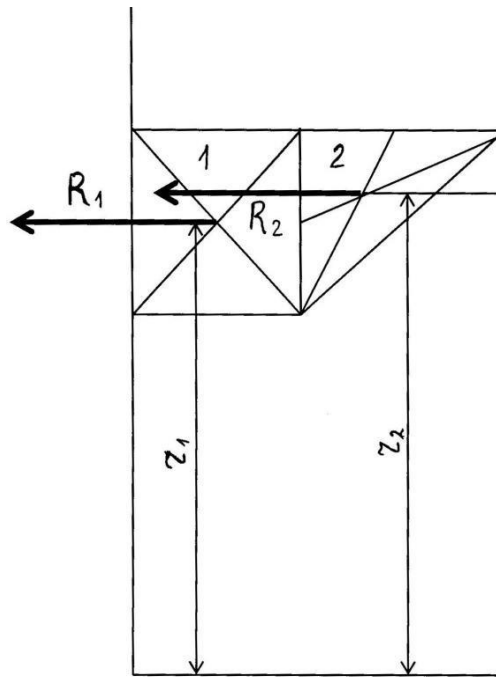


Рисунок 7 – Пример разбиения эпюры на участки

Далее определяются плечи равнодействующих  $r$  – расстояния по вертикали от линии действия (линии центра тяжести фигуры) до точки  $Z$  (рисунок 7). Вычисляются моменты равнодействующих и складываются. Сумма моментов

активных сил дает опрокидывающий момент. Аналогичные операции производятся с эпюрой пассивного давления. Сумма моментов пассивных сил дает удерживающий момент.

Для обеспечения равновесия – устойчивости подпорной стены – необходимо, чтобы удерживающий момент был больше опрокидывающего. Если условие не соблюдается, то глубину заделки стены в грунт надо увеличить. При этом увеличивается как эпюра активного давления, так и эпюра пассивного давления. Добавляются новые равнодействующие, увеличиваются и плечи равнодействующих. Процесс уточнения глубины заделки обычно быстро сходится.

Процедуру определения требуемой глубины заделки удобно производить в табличной форме так, как показано в примере расчета.

## **7 Определение расчетного изгибающего момента в подпорной стене**

Подбор геометрических параметров стены или ограждения, обеспечивающих прочность производится на основе вычисления расчетных значений внутренних сил в стене. Важнейшей из них является изгибающий момент. Расчетная схема стены – консольный стержень, жестко защемленный нижним концом. Поскольку глубина заделки определена из условия равенства опрокидывающего и удерживающего моментов, изгибающий момент в опоре равен нулю (или почти равен). Следовательно, наибольший изгибающий момент находится несколько выше в пределах глубины заделки. Координату точки с наибольшим изгибающим моментом можно найти, построив эпюру поперечных сил. Эта точка находится в месте, где поперечная сила меняет знак. Для построения эпюры поперечных сил участок заделки разбивается на равные части. Определяются поперечные силы в полученных сечениях. Поперечная сила в точке  $Z$  равна сумме равнодействующих всех сил, расположенных выше дна котлована. Эта поперечная сила принимается со знаком минус. В последующих сечениях добавляются равнодействующие новых

участков эпюры активного давления со знаком минус и пассивного давления со знаком плюс. Строится эпюра поперечных сил. Определяется графически с учетом масштаба координата точки пересечения оси эпюры. Затем определяется изгибающий момент в этой точке. При определении изгибающего момента используются ранее вычисленные равнодействующие сил активного и пассивного давления.

## 8 Пример выполнения расчетно-графической работы

1 Исходные данные:

Таблица 1

| Параметры                       | Слой 1 | Слой 2 | Слой 3 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|
| Мощность, м                     | 3      | 4      | 4      |
| Удельный вес, кН/м <sup>3</sup> | 18     | 20     | 22     |
| Угол внутреннего трения, °      | 20     | 26     | 30     |
| Удельное сцепление, кПа         | 5      | 10     | 60     |

$a=1$  м;  $b=1$  м;  $d=1$  м;  $q_1=70$  кПа;  $q_2=50$  кПа. Заглубление

стены в грунт принимается равным 1 м. 2 Определяем

параметры призмы сползания:

$$\frac{90^\circ}{1} \varphi = \frac{+ \varphi_1}{2} = \frac{90 + 20}{2} = 55^\circ; \quad \text{tg } \bar{\varphi} = 1,43; \quad \text{ctg } \bar{\varphi} = 0,70;$$

$$\frac{90^\circ}{2} \varphi = \frac{+ \varphi_2}{2} = \frac{90 + 26}{2} = 58^\circ; \quad \text{tg } \bar{\varphi} = 1,60; \quad \text{ctg } \bar{\varphi} = 0,62;$$

$$\frac{90^\circ}{3} \varphi = \frac{+ \varphi_3}{2} = \frac{90 + 30}{2} = 60^\circ; \quad \text{tg } \bar{\varphi} = 1,73; \quad \text{ctg } \bar{\varphi} = 0,58.$$

3 Определяем коэффициенты горизонтального давления грунта по слоям:

$$\frac{90^\circ}{\text{tg}^2} \lambda = \frac{-\varphi_1}{2} \frac{\text{tg}^2}{2} \frac{90^\circ - 20^\circ}{2} = 0.49;$$

$$\frac{90^\circ}{\text{tg}^2} \lambda = \frac{-\varphi_2}{2} \frac{\text{tg}^2}{2} \frac{90^\circ - 26^\circ}{2} = 0.39;$$

$$\frac{90^\circ}{\text{tg}^2} \lambda = \frac{-\varphi_3}{2} \frac{\text{tg}^2}{2} \frac{90^\circ - 30^\circ}{2} = 0.33.$$

4 Определяем величину эквивалентных нагрузок на 1 м длины стены:

$$q_{s1} = \frac{q_1}{2a} \frac{b \cdot 1}{+b} \frac{70 \cdot 1}{2 \cdot 1} = 23,3 \text{ кН/м};$$

$$q_{s2} = \frac{q_2}{+d) + b} \frac{b \cdot 1}{+} \frac{2(a \cdot b)}{2} \frac{50 \cdot 1}{(1 + 1)} = 7,1 \text{ кН/м}.$$

5 Определяем координаты точек пересечения линий сползания с границами слоев и линией поверхности грунта:

$$x_{B1} = m_3 \cdot \text{ctg} \varphi_2 = 0,58 \cdot 2,32 \text{ м};$$

$$x_{A1} = x_{B1} + m_2 \cdot \text{ctg} \varphi_2 = 2,32 + 0,62 \cdot 4,80 \text{ м};$$

$$x_{O1} = x_{A1} + m_1 \cdot \text{ctg} \varphi_1 = 4,80 + 0,70 \cdot 6,90 \text{ м}.$$

6 Строим на миллиметровой бумаге схему стены, границы слоев грунта и границы призмы сползания в слоях в масштабе 1:100 (рисунок 8). Отмечаем точки

А, В, К, Z на линии стены, точки начала и конца полосовых нагрузок.

Определяем границы влияния нагрузки на поверхности грунта  $q_1$ . Проводим из точки  $X_1$  линию сползания влево под углом  $\varphi$  и получаем точку пересечения с линией стены С. Уточняем ординату точки пересечения аналитически:

$$y_c = a \cdot \text{tg} \varphi_1 = 1,43 \cdot 1,43 \text{ м}.$$

Ордината меньше мощности первого слоя, следовательно, действительная точка пересечения в первом слое. Проводим горизонтальную линию из точки С и

линию сползания из точки  $X_2$  вправо под углом  $\theta_1$ . Получаем точку пересечения  $C_1$ . Из точки  $C_1$  проводим линию сползания влево под углом  $\theta_1$  к горизонтали. Линия пересекает границу первого слоя. Координата точки пересечения  $A_2$ :

$$x_{A_2} = 2a + b(m_1 - y_c) \operatorname{ctg} \theta_1 = 2 \cdot 1 + 1(3 - 1,43) 0,70 = 1,90 \text{ м.}$$

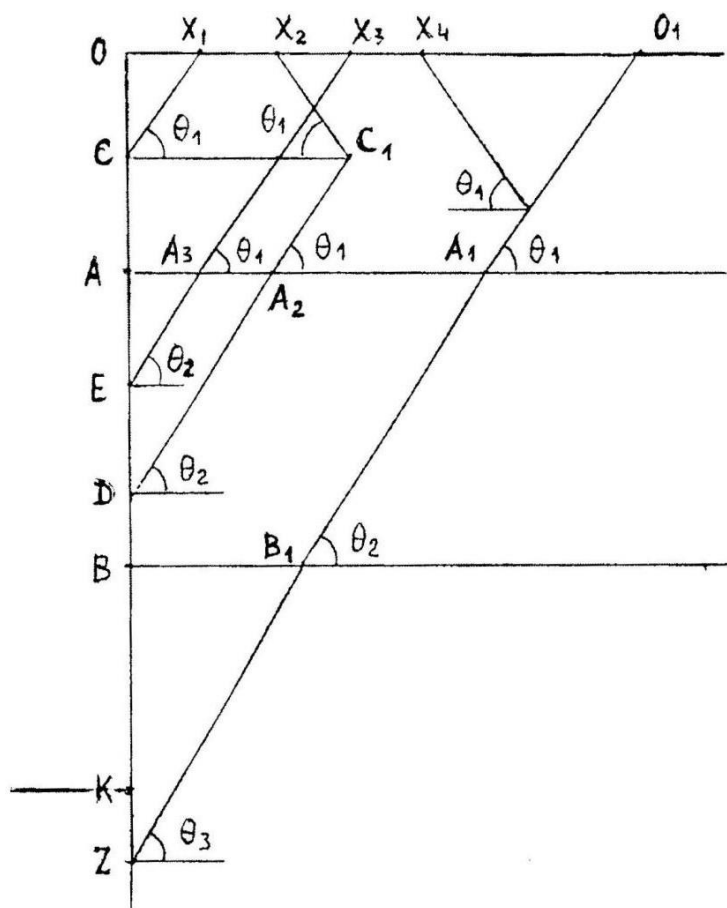


Рисунок 8 – К определению координат расчетных точек

Из точки  $A_2$  проводим линию сползания влево под углом  $\theta_2$  к горизонтали. Линия пересекает линию стены – получаем точку D. Ордината этой точки:

$$y_D = m_1 x_{A_2} \cdot \operatorname{tg} \theta_2 = 1,90 1,60 6,04 \text{ м.}$$

Верхняя и нижняя граничные точки действия нагрузки  $q_1$  определены.

7 Определяем границы влияния нагрузки на поверхности грунта  $q_2$ . Проводим из точки  $X_3$  линию сползания влево под углом  $\vartheta$  и получаем точку пересечения с границей первого слоя. Проверим это аналитически по формуле (13): координата точки пересечения (вместо  $a$  подставляем  $a+b+d$ ):

$$x_{A3} = a + b + d + m_1 \cdot \operatorname{ctg} \vartheta = 1 + 1 + 1 + 0.70 = 3.70 \text{ м.}$$

(если бы координата получилась бы отрицательной, то это означало бы, что пересечение с линией стены произошло бы в первом слое). Проводим из полученной точки пересечения линию сползания под углом  $\vartheta_2$ . Получаем точку пересечения с линией стены Е. Ордината этой точки:

$$y_E = m_1 x_{A3} \cdot \operatorname{tg} \vartheta_2 = 1.60 + 0.90 = 2.50 \text{ м.}$$

Проводим линию сползания из точки  $X_4$  вправо под углом  $\vartheta_1$ . Получаем точку пересечения с границей первого слоя с координатой:

$$x_{A4} = a + b + d + b + m_1 \operatorname{ctg} \vartheta = 1 + 1 + 1 + 0.70 = 3.70 \text{ м.}$$

Это больше, чем координата точки  $A_1$ , следовательно, линия сползания, проведенная из точки  $X_4$  вправо, пересекает границу призмы сползания  $A_1 - O_1$ , а точка F совпадает с точкой Z.

Координаты всех расчетных точек получены. Отмечаем их на схеме.

8 Составляем таблицу расчета интенсивности активного давления на стену в расчетных точках (таблица 2). Напоминаем, что расчет ведется на 1 м длины стены, поэтому величина давления дается в кН/м.

В первой графе (столбце) таблицы указываются расчетные сечения. Во всех расчетных точках таких сечений два – верхнее и нижнее. Отметим, что координаты верхних и нижних сечений одной и той же точки одинаковые, так как они находятся на равной глубине, хотя и в разных слоях. В третьей графе помещаются значения вертикального давления в сечениях, определяемые по формулам (24) – (26). В четвертой графе указываются значения эквивалентных нагрузок в расчетных сечениях. В следующей, пятой графе указываются значения вертикального давления с учетом нагрузок на поверхности (сумма третьей и четвертой граф). В шестой графе размещаются величины коэффициентов горизонтального давления. В седьмой

графе – составляющая активного давления от давления грунта и нагрузки на поверхности – результат перемножения пятой и шестой граф. В восьмой графе составляющая сил сцепления, уменьшающая давление на стенку и поэтому принимаемая со знаком минус. В девятой графе итоговая величина активного давления грунта на стену.

Таблица 2 – Результаты расчета активного давления

| Расчет-<br>ные<br>точки | $y$  | $p^g$ | $q_3$ | (3)+(4) | $\lambda$ | (5)х(6) | $2c \frac{90^\circ}{tg} \frac{-\varphi}{2}$ | $p_a$ |
|-------------------------|------|-------|-------|---------|-----------|---------|---------------------------------------------|-------|
| 1                       | 2    | 3     | 4     | 5       | 6         | 7       | 8                                           | 9     |
| О                       | 0    | 0     | 0     | 0       | 0,49      | 0       | -7                                          | -7    |
| С-в                     | 1,43 | 26    | 0     | 26      | 0,49      | 13      | -7                                          | 6     |
| С-н                     | 1,43 | 26    | 23    | 49      | 0,49      | 24      | -7                                          | 7     |
| А-в                     | 3    | 54    | 23    | 77      | 0,49      | 38      | -12                                         | 31    |
| А-н                     | 3    | 54    | 23    | 77      | 0,39      | 30      | -12                                         | 18    |
| Е-в                     | 4,44 | 83    | 23    | 106     | 0,39      | 41      | -12                                         | 29    |
| Е-н                     | 4,44 | 83    | 30    | 113     | 0,39      | 44      | -12                                         | 32    |
| Д-в                     | 6    | 114   | 30    | 144     | 0,39      | 56      | -12                                         | 44    |
| Д-н                     | 6    | 114   | 7     | 121     | 0,39      | 47      | -12                                         | 35    |
| В-в                     | 7    | 134   | 7     | 141     | 0,39      | 55      | -12                                         | 43    |
| В-н                     | 7    | 134   | 7     | 141     | 0,33      | 47      | -70                                         | -23   |
| К                       | 10   | 200   | 7     | 207     | 0,33      | 68      | -70                                         | -2    |
| F(Z)                    | 11   | 222   | 7     | 229     | 0,33      | 76      | -70                                         | 6     |

9 Составляем таблицу расчета пассивного давления (таблица 3). Пассивное давление действует на заглубленном участке (от точки К до точки Z).

Таблица 3 – Результаты расчета пассивного давления

| Расчет-<br>ные<br>точки | $y$ | $p^s$ | $\lambda_n$ | (5)х(6) | $2c \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{2} + \varphi$ | $p_a$ |
|-------------------------|-----|-------|-------------|---------|-----------------------------------------------------|-------|
| 1                       | 2   | 3     | 4           | 5       | 6                                                   | 7     |
| K                       | 0   | 0     | 3           | 0       | 208                                                 | 208   |
| F(Z)                    | 1   | 22    | 3           | 66      | 208                                                 | 274   |

10 Строим эпюры активного и пассивного давления (рисунок 9).

Абсциссы эпюры активного давления откладываются вправо, пассивного давления – влево. Масштаб, в котором откладываются значения интенсивности активного давления (силовой), - в 1 см 10 кН/м, интенсивности пассивного давления – в 1 см 100 кН/м. На участке О – С и на участке В – Z определяем координаты точек пересечения оси эпюры – точек  $O_0$  и  $B_0$  с нулевыми значениями активного давления:

$$y_{O0} = 1,43 - \frac{0,77}{\frac{7}{13}} =$$

$$y_{B0} = 7 + 4 \frac{23}{29} = 10,2 \text{ м.}$$

11 Разбиваем эпюры на фрагменты простой конфигурации – прямоугольники и треугольники. Нумеруем фрагменты. Вычисляем площади фрагментов – величины равнодействующих  $R$  и расстояния  $r$  от линий их действия до горизонтальной линии, проходящей через точку  $Z$ .



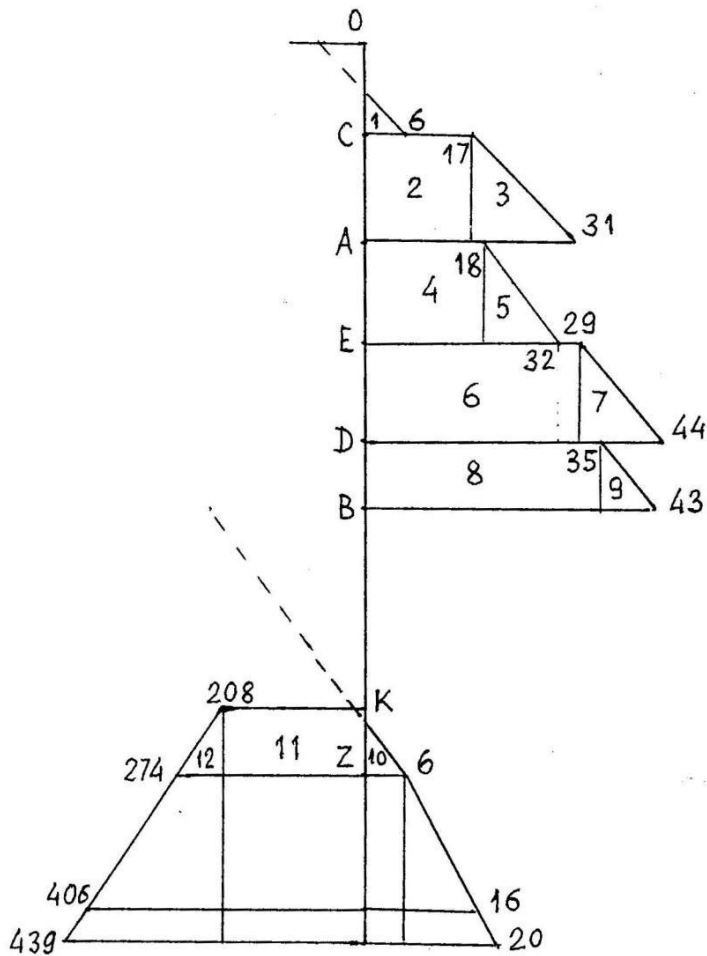


Рисунок 9 – Эпюры давления грунта на стену

Равнодействующие участков эпюры активного давления:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 0,5 \cdot 6(1,43 - 0,77) = 2 \text{ кН}, \quad r_1 = (11 + 4,3) \cdot 0,33 = (1,43 - 0,77) = 9,79 \text{ м}; \\
 R_2 &= 17 \cdot (3 - 1,47) = 27 \text{ кН}, \quad r_2 = (11 - 3) \cdot 0,5 = (3 - 1,43) = 8,78 \text{ м}; \\
 R_3 &= 0,5 (31 - 17) \cdot (3 - 1,43) = 11 \text{ кН}, \quad r_3 = (11 - 3) + 0,33 (3 - 1,43) = 8,52 \text{ м}; \\
 R_4 &= 18 (4,44 - 3) = 26 \text{ кН}, \quad r_4 = (11 + 4,44) \cdot 0,5 = (4,44 - 3) = 7,28 \text{ м}; \\
 R_5 &= 0,5 (29 - 18) (4,44 - 3) = 8 \text{ кН}, \quad r_5 = (11 + 4,44) \cdot 0,33 = (4,44 - 3) = 7,04 \text{ м}; \\
 R_6 &= 32 \cdot (6 - 4,44) = 50 \text{ кН}, \quad r_6 = (11 - 6) \cdot 0,5 = (6 - 4,44) = 5,78 \text{ м}; \\
 R_7 &= 0,5 (44 - 32) (6 - 4,44) = 9 \text{ кН}, \quad r_7 = (11 - 6) \cdot 0,33 = (6 - 4,44) = 5,52 \text{ м}; \\
 R_8 &= 35 \cdot (7 - 6) = 35 \text{ кН}, \quad r_8 = (11 - 7) \cdot 0,5 = (7 - 6) = 4,50 \text{ м};
 \end{aligned}$$

$$R_9 = 0,5(43 - 35)(7 - 6) = 4 \text{ кН}, \quad r_9 = (11 - 7) \cdot 0,33 = 1,33 \text{ м};$$

$$R_{10} = 0,5 \cdot (11 - 10,2) \cdot 6 = 2 \text{ кН}, \quad r_{10} = 0,33 \cdot (11 - 10,2) = 0,27 \text{ м};$$

Равнодействующие участков эпюры пассивного давления:

$$R_{11} = 208 \cdot 1 = 208 \text{ кН}, \quad r_{11} = 0,5 \cdot (11 - 10) = 0,5 \text{ м};$$

$$R_{12} = 0,5 \cdot (274 - 208) \cdot (11 - 10) = 33 \text{ кН}, \quad r_{12} = 0,33 \cdot (11 - 10) = 0,33 \text{ м}.$$

12 опрокидывающие моменты (с точностью до 1 кНм):

$$M_1 = R_1 \cdot r_1 = 9,79 \cdot 20 = 196 \text{ кНм},$$

$$M_2 = R_2 \cdot r_2 = 8,78 \cdot 237 = 2081 \text{ кНм},$$

$$M_3 = R_3 \cdot r_3 = 8,52 \cdot 94 = 801 \text{ кНм},$$

$$M_4 = R_4 \cdot r_4 = 7,28 \cdot 189 = 1376 \text{ кНм},$$

$$M_5 = R_5 \cdot r_5 = 7,04 \cdot 56 = 394 \text{ кНм},$$

$$M_6 = R_6 \cdot r_6 = 5,78 \cdot 289 = 1670 \text{ кНм},$$

$$M_7 = R_7 \cdot r_7 = 5,52 \cdot 50 = 276 \text{ кНм},$$

$$M_8 = R_8 \cdot r_8 = 4,50 \cdot 158 = 711 \text{ кНм},$$

$$M_9 = R_9 \cdot r_9 = 4,33 \cdot 17 = 74 \text{ кНм},$$

$$M_{10} = R_{10} \cdot r_{10} = 0,27 \cdot 1 = 0,27 \text{ кНм},$$

$$M_a = \sum = 1110 \text{ кНм},$$

13 Удерживающие моменты:

$$M_{11} = R_{11} \cdot r_{11} = 208 \cdot 0,5 = 104 \text{ кНм},$$

$$M_{12} = R_{12} \cdot r_{12} = 33 \cdot 0,33 = 11 \text{ кНм},$$

$$M_n = \sum = 115 \text{ кНм}.$$

14 Опрокидывающий момент намного больше удерживающего (почти в десять раз), поэтому нужно увеличить глубину заделки. Переносим точку Z на 2 м глубже. Тогда плечи равнодействующих увеличатся на 2 м. Изменяется величина активного давления в точке Z:

$$p_a = (200 - 220) \cdot (13 - 10,2) \cdot 0,33 \cdot 70 = 16 \text{ кН/м}$$

и пассивного давления в этой же точке:

$$p_n = 22 \cdot 3 \cdot 3208 = 406 \text{ кН/м.}$$

Величины равнодействующих активного давления не изменяются, кроме  $R_{10}$ .

Новое значение этой равнодействующей:

$$R_{10} = (13 - 10,2) \cdot 18 = 25 \text{ кН.}$$

Опрокидывающие моменты:

$$M_1 = R_1 \cdot r_1 = 2 \cdot 11,79 = 24 \text{ кНм,}$$

$$M_2 = R_2 \cdot r_2 = 10,78 = 291 \text{ кНм,}$$

$$M_3 = R_3 \cdot r_3 = 11 \cdot 10,52 = 116 \text{ кНм,}$$

$$M_4 = R_4 \cdot r_4 = 26 \cdot 9,28 = 241 \text{ кНм,}$$

$$M_5 = R_5 \cdot r_5 = 8 \cdot 9,04 = 72 \text{ кНм,}$$

$$M_6 = R_6 \cdot r_6 = 50 \cdot 7,78 = 389 \text{ кНм,}$$

$$M_7 = R_7 \cdot r_7 = 9 \cdot 7,52 = 68 \text{ кНм,}$$

$$M_8 = R_8 \cdot r_8 = 35 \cdot 6,50 = 228 \text{ кНм,}$$

$$M_9 = R_9 \cdot r_9 = 4 \cdot 6,33 = 25 \text{ кНм,}$$

$$M_{10} = R_{10} \cdot r_{10} = 160,93 = 15 \text{ кНм,}$$

$$M_a = \sum = 1469 \text{ кНм,}$$

Новые значения равнодействующих пассивного давления и их плеч относительно точки Z:

$$R_{11} = 208 \cdot 3 = 624 \text{ кН, } r_{11} = 0,5 \cdot (13 - 10) = 1,5 \text{ м;}$$

$$R_{12} = 0,5 \cdot (406 - 208) \cdot (13 - 10) = 297 \text{ кН, } r_{12} = 0,33 \cdot (13 - 10) = 1,00 \text{ м.}$$

Удерживающие моменты:

$$M_{11} = R_{11} \cdot r_{11} = 624 \cdot 1,5 = 936 \text{ кНм,}$$

$$M_{12} = R_{12} \cdot r_{12} = 297 \cdot 1,00 = 297 \text{ кНм,}$$

$$M_n = \sum = 1233 \text{ кНм.}$$

15 опрокидывающий момент снова больше удерживающего, но уже не намного – примерно на 20 %. Увеличим глубину заделки на 0,5 м. Плечи равнодействующих увеличатся на 0,5 м. Изменяется величина активного давления в точке Z:

$$p_a = (200(222 - 200) - (13,5 - 10,2) \cdot 0,33 - 70) / 20 \text{ кН/м}$$

и пассивного давления в этой же точке:

$$p_n = 223,5 - 3 \cdot 208 - 439 = 439 \text{ кН/м.}$$

Величины равнодействующих активного давления не изменяются, кроме  $R_{10}$ .

Новое значение этой равнодействующей:

$$R_{10} = 0,5 \cdot (13,5 - 10,2) \cdot 20 = 33 \text{ кН.}$$

Опрокидывающие моменты:

$$M_1 = R_1 \cdot r_1 = 2 \cdot 12,29 = 25 \text{ кНм,}$$

$$M_2 = R_2 \cdot r_2 = 27 \cdot 11,28 = 305 \text{ кНм,}$$

$$M_3 = R_3 \cdot r_3 = 11 \cdot 11,02 = 121 \text{ кНм,}$$

$$M_4 = R_4 \cdot r_4 = 26 \cdot 9,78 = 254 \text{ кНм,}$$

$$M_5 = R_5 \cdot r_5 = 8 \cdot 9,54 = 76 \text{ кНм,}$$

$$M_6 = R_6 \cdot r_6 = 50 \cdot 8,28 = 414 \text{ кНм,}$$

$$M_7 = R_7 \cdot r_7 = 9 \cdot 8,02 = 72 \text{ кНм,}$$

$$M_8 = R_8 \cdot r_8 = 35 \cdot 7,00 = 245 \text{ кНм,}$$

$$M_9 = R_9 \cdot r_9 = 4 \cdot 6,83 = 27 \text{ кНм,}$$

$$M_{10} = R_{10} \cdot r_{10} = 16 \cdot 1,10 = 17 \text{ кНм,}$$

$$M_a = \sum = 1539 \text{ кНм,}$$

Новые значения равнодействующих пассивного давления и их плеч относительно точки Z:

$$R_{11} = 208 - 3,5 \cdot 728 = 439 \text{ кН, } r_{11} = 0,5 \cdot (13,5 - 10) = 1,75 \text{ м;}$$

$$R_{12} = 0,5 \cdot (439 - 208) / (13,5 - 10) = 404 \text{ кН, } r_{12} = 0,33 \cdot (13,5 - 10) = 1,17 \text{ м.}$$

Удерживающие моменты:

$$M_{11} R_{11} r_{11} 728 \quad 1,75 \quad 1274 \quad \text{кНм},$$

$$M_{12} R_{12} r_{12} 404 \quad 1,17 \quad 473 \quad \text{кНм},$$

$$\sum_n M = 1747 \text{ кНм}.$$

Удерживающий момент больше опрокидывающего. Устойчивость стены обеспечена. Запас – 13 %. Установленная глубина заделки – 3,5 м – это на самом деле глубина неподвижной точки, а фактическая глубина равна  $3,5:0,8=4,4$  м.

16 Определяем сечение стены, в котором изгибающий момент максимальный. Для этого вычислим поперечные силы на участке влияния пассивного давления. В точке К поперечная сила равна сумме равнодействующих активного давления, расположенных выше дна котлована:

$$Q_K = -(2+27+11+26+8+50+9+35+4+16) = -188 \text{ кН}.$$

В точке Z при глубине заделки  $z = 1$  м величина составляющей поперечной силы от активного давления возрастает на величину равнодействующей  $R_{10} = 2$  кН. В то же время составляющая от пассивного давления равна сумме равнодействующих  $R_{11} = 208$  кН и  $R_{12} = 33$  кН, т.е  $Q_Z = -188 - 2 + 208 + 33 = +41$  кН. Следовательно, точка с нулевым значением поперечной силы находится выше, чем на 1 м ниже дна котлована. Найдем величину поперечной силы на глубине 0,5 м. Величина составляющей от активного давления уменьшится незначительно – в пределах 1 кН.

Составляющая от пассивного давления равна:

$$Q_{0,5} 208 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 33 \quad 0,5 \quad 108,$$

полная величина - минус 80 кН. Построив график изменения поперечной силы, находим ординату точки пересечения – она равна 10,6 м.

17 Найдем изгибающий момент в этой точке – его величина – наибольшая. Моменты от равнодействующих сил активного давления:

$$\begin{aligned}
M_1 &= R_1 \cdot r_1 = 9,39 \cdot 19 \text{ кНм}, \\
M_2 &= R_2 \cdot r_2 = 8,38 \cdot 226 \text{ кНм}, \\
M_3 &= R_3 \cdot r_3 = 8,12 \cdot 89 \text{ кНм}, \\
M_4 &= R_4 \cdot r_4 = 6,88 \cdot 179 \text{ кНм}, \\
M_5 &= R_5 \cdot r_5 = 6,64 \cdot 53 \text{ кНм}, \\
M_6 &= R_6 \cdot r_6 = 5,38 \cdot 269 \text{ кНм}, \\
M_7 &= R_7 \cdot r_7 = 5,12 \cdot 46 \text{ кНм}, \\
M_8 &= R_8 \cdot r_8 = 4,10 \cdot 143 \text{ кНм}, \\
M_9 &= R_9 \cdot r_9 = 3,93 \cdot 16 \text{ кНм}.
\end{aligned}$$

Моменты от равнодействующих сил пассивного давления:

$$\begin{aligned}
M_{11} &= R_{11} \cdot r_{11} = 208 \cdot 0,6 \cdot 0,3 = 37 \text{ кНм}, \\
M_{12} &= R_{12} \cdot r_{12} = 0,5 \cdot 33 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,33 \cdot 0,6 = 0,11 \text{ кНм},
\end{aligned}$$

Суммируя значения моментов получаем расчетное значение изгибающего момента  $M = 1002 \text{ кНм}$ .

## 9 Варианты заданий

Таблица 4 – Мощности слоев

| Слои   | Первая цифра номера задания |      |      |      |      |
|--------|-----------------------------|------|------|------|------|
|        | 1                           | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Слой 1 | 3 м                         | 1 м  | 2 м  | 2 м  | 3 м  |
| Слой 2 | 6 м                         | 6 м  | 5 м  | 6 м  | 5 м  |
| Слой 3 | >1 м                        | >3 м | >3 м | >2 м | >2 м |

Таблица 5 – Характеристики грунтов

| Характеристики            | Вторая цифра номера задания |    |    |    |    |
|---------------------------|-----------------------------|----|----|----|----|
|                           | 1                           | 2  | 3  | 4  | 5  |
| $\gamma_1, \text{кН/м}^3$ | 18                          | 19 | 20 | 21 | 22 |
| $\gamma_2, \text{кН/м}^3$ | 22                          | 21 | 19 | 18 | 20 |
| $\gamma_3, \text{кН/м}^3$ | 19                          | 20 | 21 | 22 | 18 |
| $\varphi_1^0$             | 20                          | 22 | 24 | 26 | 28 |
| $\varphi_2^0$             | 32                          | 30 | 28 | 24 | 26 |
| $\varphi_3^0$             | 28                          | 26 | 32 | 28 | 34 |
| $c_1, \text{кПа}$         | 12                          | 10 | 8  | 6  | 4  |
| $c_2, \text{кПа}$         | 16                          | 14 | 14 | 16 | 18 |
| $c_3, \text{кПа}$         | 60                          | 64 | 68 | 72 | 76 |

Таблица 6 – Нагрузки на поверхности грунта

| Параметры         | Третья цифра номера задания |     |    |     |     |
|-------------------|-----------------------------|-----|----|-----|-----|
|                   | 1                           | 2   | 3  | 4   | 5   |
| $a, \text{м}$     | 1                           | 1,5 | 2  | 2,5 | 2   |
| $b, \text{м}$     | 1                           | 1   | 1  | 1   | 1   |
| $d, \text{м}$     | 2                           | 2   | 2  | 2   | 1,5 |
| $q_1, \text{кПа}$ | 50                          | 55  | 60 | 65  | 70  |
| $q_2, \text{кПа}$ | 60                          | 70  | 65 | 55  | 50  |

## **Список использованных источников**

- 1 Колоколов, С.Б. Подземные сооружения городов: учебное пособие
- 2 Догадайло А.И. Механика грунтов. Основания и фундаменты [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Догадайло, В.А. Догадайло. — Электрон. текстовые данные. — М. : Юриспруденция, 2012. — 191 с.
- 3 Леденев, В.В. Несущая способность и деформативность оснований и фундаментов при сложных силовых воздействиях: монография / В.В. Леденев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 324 с. [.](#)



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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ  
УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях**

Направление подготовки  
Направленность (профиль)

08.04.01 Строительство  
Теория и проектирование зданий и  
сооружений

Ставрополь

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

## Оглавление

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>Введение</u> .....                                                                                                                                      | 80 |
| <u>1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях»</u> ..... | 81 |
| <u>2. План-график выполнения самостоятельной работы</u> .....                                                                                              | 84 |
| <u>3. Контрольные точки и виды отчетности по ним</u> .....                                                                                                 | 84 |
| <u>4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала</u> .....                                                                             | 84 |
| <u>5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины</u> .....                                                        | 85 |
| <u>6. Методические указания по подготовке к экзамену</u> .....                                                                                             | 85 |
| <u>7. Методические указания по выполнению РГР</u> .....                                                                                                    | 86 |
| <u>Список рекомендуемой литературы</u> .....                                                                                                               | 93 |
| <u>Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студента по дисциплине</u> .....                                                       | 94 |

## 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 РГР, подготовка и сдача зачета.

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 «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях»

Целью освоения дисциплины «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях» является: освоение студентом знаний в области проектирования подземных сооружений с привлечением современных методов расчета и вычислительной техники и обеспечением необходимой прочности и устойчивости. Формируется набор 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, промышленных 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:

- современные проблемы науки и техники, формы и методы научного познания;
- выбор эффективных расчетных схем (моделей) конструкции или сооружений, отражающие их фактическую работу от действия различных факторов (видов нагрузок, опорных и угловых соединений, конструкционные материалы и т.д.);
- состав рабочей документации, необходимой для технико-экономического обоснования проектного решения;
- существующие методики расчетов элементов подземных сооружений в целом на прочность, жесткость и устойчивость; методы оптимизации их основных параметров и т.д.

Уметь:

- определять по расчетной схеме или условию задачи характер действующих на конструкции нагрузок (деформаций); строить эпюры внутренних усилий и соответствующих напряжений;
- по расчетным формулам определять прочность, жесткость и

устойчивость с учетом конструкционных материалов;

- оценить и оптимизировать параметры конструкций для данного вида внешних нагрузок, опираясь на требуемые условия прочности и жесткости для данной системы.

Владеть навыками:

- определения специфических свойств грунтов, их строительной классификации.

Владеть:

- навыками пользования основными литературными источниками, справочниками, компьютерной техникой, современной вычислительной техникой;

- навыками использования нормативной литературы для проектирования конструкций подземных сооружений;

- способностью к разработке методов оценки прочности и устойчивости подземных сооружений;

- навыками 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. |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|       | 4 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 РГР 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     | РГР                                                                     | 17               |                   |

## 4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Для выполнения практических работ и РГР, 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 РГР 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, РГР, 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 РГР. 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 РГР

Для выполнения РГР в третьем семестре каждому студенту выдается индивидуальное задание на тему: «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях». Задание подписывается самим студентом, руководителем РГР и утверждается заведующим кафедрой.

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

РГР состоит из пояснительной записки.

Примерный объем пояснительной записки РГР – 25 ÷ 30 листов текста печатающих и графических устройств ЭВМ, с необходимыми рисунками и пояснениями на листах формата А4.

Пояснительная записка РГР содержит:

- титульный лист;
- задание на РГР;
- содержание;
- введение;
- основную часть в соответствии с утвержденным заданием на РГР, необходимые рисунки, таблицы, схемы и т.д.

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

Пояснительная записка работы состоит из следующих основных разделов:

- Определение координат расчетных сечений;
- Определение вертикального давления в расчетных точках;
- Определение активного давления в расчетных точках;
- Построение эпюры активного давления;
- Построение эпюры пассивного давления;
- Уточнение требуемой глубины заделки;
- Определение расчетного изгибающего момента в подпорной стене.

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 РГР 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 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 РГР и их последовательность, порядок защиты и список рекомендуемой литературы приводятся в соответствующих методических указаниях по выполнению РГР.

После выполнения расчетов по каждому из разделов пояснительной записки студент предоставляет этот материал на проверку преподавателю, ведущему РГР. Проверенные и исправленные по замечаниям, материалы выполненных расчетов пояснительной записки и чертежа, допускаются к защите работы. При защите РГР 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 **РГР** устанавливается в **35** баллов и переводится в оценку по 5-балльной системе в соответствии со шкалой:

Шкала соответствия рейтингового балла 5-балльной системе

| <b>Рейтинговый балл</b> | <b>Оценка по 5-балльной системе</b> |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 35                      | Отлично                             |
| 25                      | Хорошо                              |
| 15                      | Удовлетворительно                   |
| 0                       | Неудовлетворительно                 |

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции УК-2, ПК-3 и ПК-7.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо прочитать лекционный материал, выполнить РГР, 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 РГР. Эти задания предлагаются в УМК дисциплины «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях», 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 учитывается 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. Догадайло А.И. Механика грунтов. Основания и фундаменты [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Догадайло, В.А. Догадайло. — Электрон. текстовые данные. — М. : Юриспруденция, 2012. — 191 с.

2. Леденев, В.В. Несущая способность и деформативность оснований и фундаментов при сложных силовых воздействиях: монография / В.В. Леденев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 324 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Передельский, Л. В. Инженерная геология: учебник / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 448 с. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 440-441. – ISBN 5-222-09505-3

2. Ананьев, В. П. Инженерная геология: учебник для вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2000. – 511 с. : ил. – Гриф: Доп. МО. – Библиогр.: с. 508-509. – ISBN 5-06-003690-1.

3. Добровольский, В. В. Геология. Минералогия, динамическая геология, петрография: учебник для вузов / В. В. Добровольский. – М.: ВЛАДОС, 2008. – 320 с. : ил. – (Учебник для вузов). – Библиогр.: с. 302-303. – ISBN 978-5-691-00782-8.

4. Геология: учебник для вузов / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. – 5-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 448 с.: ил., табл. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 978-5-7695-5125-3

5. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.

6. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.  
Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*.

**Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы  
студента по дисциплине**

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

2. Методические указания к выполнению РГР по дисциплине «Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях» для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» очной и заочной форм обучения. г. Ставрополь.