

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Майкопский государственный технологический университет»

Технологический факультет

Кафедра строительных и общепрофессиональных дисциплин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению практических работ по дисциплине

**«Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях»**

для студентов всех форм обучения направления подготовки

**08.04.01 Строительство**

магистерская программа

**«Теория и проектирование зданий и сооружений»**

**Майкоп – 2018 г.**

УДК 624.13(07)  
ББК 26.3  
М - 54

Печатается по решению НМС направления подготовки  
08.04.01 Строительство

Составитель: ст. преподаватель кафедры строительных и  
общепрофессиональных дисциплин Ашинов Ю.К.

Рецензент: профессор кафедры строительных и общепрофессиональных  
дисциплин, д.т.н., Меретуков З.А. доцент

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине  
«Надежность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях»  
составлены в соответствии с федеральным государственным  
образовательным стандартом высшего профессионального образования по  
направлению подготовки 08.04.01 - «Строительство» для студентов всех  
форм обучения направления подготовки по магистерской программе «теория  
и проектирование зданий и сооружений» – Составитель: Меретуков З.А. –  
Майкоп, ФГБОУ ВО «МГТУ», 2018. – 42

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

Материал изложен на основе действующих нормативных документов,  
современной практики проектирования и строительства, данных научных  
исследований в области строительства.

Майкопский государственный технологический университет, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1 .....	5
Практическая работа 2 .....	6
Практическая работа 3 .....	7
Практическая работа 4 .....	9
Практическая работа 5 .....	10
Практическая работа 6 .....	12
Практическая работа 7 .....	13
Практическая работа 8 .....	15
Практическая работа 9 .....	16
Практическая работа 10 .....	17
Практическая работа 11 .....	19
Практическая работа 12 .....	22
Практическая работа 13 .....	25
Практическая работа 14 .....	28
Практическая работа 15 .....	30
Практическая работа 16 .....	35
Список рекомендуемой литературы .....	42

# **Практическая работа 1**

## ***Построение схематической карты сейсмического районирования Краснодарского края***

### **1.1. Цель и содержание**

Цель работы – построить и объяснить карту сейсмического районирования Краснодарского 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 СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах» содержит комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Эти карты схематичны и мелкомасштабны. Для практического пользования в СНиП 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 СНиП II-7-81\*, 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 понятию «специфический» и «сейсмоопасный» грунт.
  2. Какими характеристиками эти грунты отличаются от других грунтов, и где они распространены на территории Краснодарского края и Северного Кавказа?
  3. Как построена карта-схема сейсмического районирования Краснодарского, Ставропольского края и Республики Адыгея?
  4. Какая может быть расчетная сейсмичность по месту проживания студента с поправкой на местные грунты?
  5. Какие ошибки могут повлиять на определение расчетной сейсмичности площадкостроительства?
  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***

#### **2.1. Цель и содержание**

Целью работы является изучение геологических условий Краснодарского 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 РА и Краснодарского 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 факторов зависит расчетная сейсмичность площадки?
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 СНиП II-7-81\*)*

### **3.1. Цель и содержание**

Целью работы является характеристика грунтов I 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.

### **3.2. Теоретическое обоснование**

Необходимость изучения свойств грунтов, приведенных в табл. 1 СНиП II-7-81\*, 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 недооценке 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 СНиП II-7-81\*.
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 данного региона 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 СНиП II-7-81\*)***

#### **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 данных регионов 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 СНиП II-7-81\*.
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 регионов 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 региона 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 СНиП II-7-81\*)*

#### **5.1. Цель и содержание**

Цель работы – характеристика песчаных 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.

## **5.2. Теоретическое обоснование**

Песчаные грунты II категории по сейсмическим свойствам сравнительно широко распространены на территории Ставропольского и Краснодарского 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 СНиП II-7-81\*.
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 представленных регионов 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 данных регионов 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 СНиП II-7-81\*)***

**6.1. Цель и содержание**

Цель работы – характеристика глинистых 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.

**6.2. Теоретическое обоснование**

Глинистые грунты II категории по сейсмическим свойствам сравнительно широко распространены на территории данных регионов.

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 СНиП II-7-81\*.
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 данных регионов 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 представленных регионов преобладают глинистые грунты II категории по сейсмическим свойствам?
3. Как учитываются особенности глинистых грунтов II категории по сейсмическим свойствам при проектировании и строительстве зданий и сооружений?
4. Может ли измениться II категория глинистых грунтов по сейсмическим свойствам при изменении инженерно-геологических условий на застроенных городских территориях?

## **Практическая работа 7**

### ***Анализ мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам (табл. 1 СНиП II-7-81\*)***

#### **7.1. Цель и содержание**

Цель работы – характеристика мерзлых грунтов II категории по сейсмическим свойствам, которые приведены в табл. 1 СНиП II-7-81\*, 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 СНиП II-7-81\*.
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 СНиП II-7-81\*)***

#### **8.1. Цель и содержание**

Цель работы – характеристика песчаных грунтов III 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.

#### **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 СНиП II-7-81\*.
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 данных регионов 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 СНиП II-7-81\*)*

#### **9.1. Цель и содержание**

Цель работы – характеристика глинистых грунтов III 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.

#### **9.2. Теоретическое обоснование**

Глинистые грунты III категории по сейсмическим свойствам широко распространены на территории данного региона. В эту группу по нормативной табл. 1 СНиП II-7-81\* 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 СНиПШ-7-81\*.
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 изучаемого региона 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 изучаемом регионе?
4. Привести примеры аварийных деформаций зданий и сооружений, построенных на специфических грунтах в данном регионе.
5. Можно ли перевести III категорию специфических грунтов во II категорию по сейсмическим свойствам?

## **Практическая работа 10**

### ***Основные понятия надежности зданий и сооружений***



### **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***

##### **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:

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

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: арматуре бетону	$>1,35$	1,21...1,35	1...1,2
	$>1,54$	1,21...1,54	1...1,2
Относительная надежность $y = \gamma / \gamma_0$	$> (0,77...0,9)$	0,61...0,9	0,5...0,8
Средняя относительная надежность $y$	0,85	0,75	0,65
Средняя величина поврежденности $\varepsilon = 1 - y$	0,15	0,25	0,35

Сооружения, отвечающие не совсем удовлетворительному состоянию, отличаются от сооружений неудовлетворительного состояния лишь количеством поврежденных конструкций. При не совсем удовлетворительном состоянии имеются лишь единичные повреждения отдельных конструкций, составляющие около 5% от всех конструкций.

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

### 11.3. Методика и порядок выполнения работы

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

2. По образцам строительных конструкций, имеющим различную

степень повреждений, рассчитать коэффициент надежности (запаса) конструкции.

3. Определить состояние конструкции по таблице 11.1.

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

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

#### **11.4. Содержание отчета и его форма**

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

#### **11.5. Вопросы для защиты работы**

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

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

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

4. Как изменяется это состояние при сейсмических воздействиях разной силы?

5. Как повысить надежность конструкций в строительных системах?

### **Практическая работа 12**

#### ***Прогнозирование долговечности сооружений***

##### **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:

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

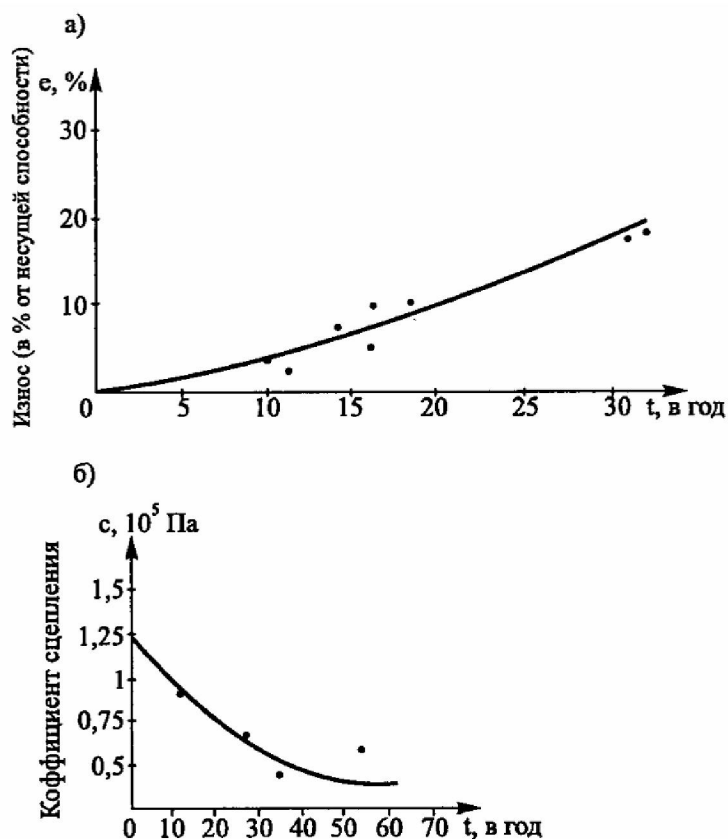


Рисунок 12.1 – Изменение надежности сооружений со временем: а – снижение несущей способности железобетонных эстакад; б – снижение сцепления глинистых грунтов в результате ползучести

Прологарифмировав (12.1), получим:

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

где  $t$  – постоянная износа или

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

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 ( $y = 0,75$ ) 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 износостойкость 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***

#### **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  $\gamma$  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.

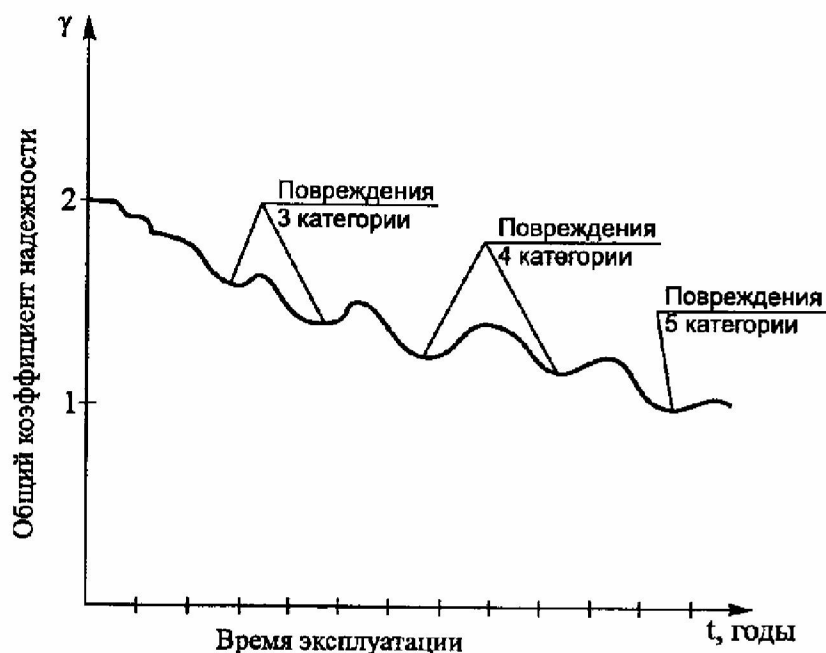


Рисунок 13.1 – Изменение надежности сооружений со временем

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

<b>Категория технического состояния</b>	<b>Описание технического состояния</b>	<b>Относительная надежность</b>	<b>Поврежденность</b>
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 обоснованиеработы.

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***

##### **14.1. Цель и содержание**

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

Содержание работы:

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

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

#### **14.2. Теоретическое обоснование**

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

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

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

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

#### **14.3. Методика и порядок выполнения работы**

1. Прочсть и осмыслить литературу, приложенную к данной работе.
2. Выбрать из списка литературы характерные ошибки, присущие строительству в Северо-Кавказском и Южном регионе и, в частности в Ставропольском, Краснодарском крае и республике Адыгея.
3. При описании аварийных и деформированных объектов можно воспользоваться отчетом по инженерно-геологической практике, проходящей на территории г. Майкоп, 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 регионе?
4. Привести примеры и проанализировать наиболее яркие аварийные и потенциально аварийные ситуации в регионе.
5. Какие следует назначать противодеформационные мероприятия для повышения надежности строительства в рассматриваемом регионе?

### **Практическая работа 15**

#### ***Прогнозирование вероятности аварий***

##### **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 изучаемого 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 настоящими 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:

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

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 авариисооружений при экспертныхоценках

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 неосуществлялся;
- 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 имелась 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. весу сл.	Оценочная балла					Уд. надежность	Обоснование принятия 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 конструкции	0,05				4		0,2	Имелся опыт строительства аналогичных



внорешения							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 и							
12. Отсутствие превышения проектных нагрузок	0,05	2				0,1	Давление воздуха при пневморазгрузке не контролировалось
13. Контроль за исправностью сооружений и оборудования	0,05	1				0,05	Тоже
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. Прочитать 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***

#### **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 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:

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

Если система состоит из  $i$  элементов, соединенных с помощью знака

«или», ее отказ будет определяться как:

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

где  $q_i$  – вероятность отказа  $i$ -го элемента системы.

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

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

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

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

### **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).

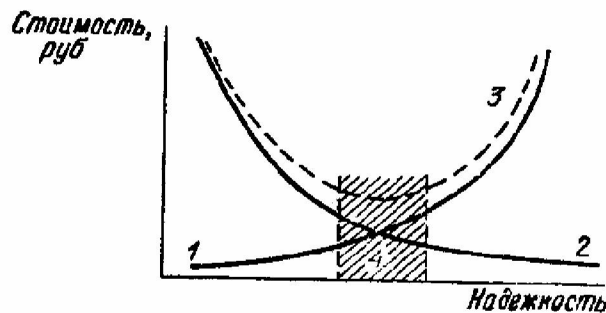


Рисунок 17.1 – Схема определения оптимального уровня надежности: 1 – капиталовложения; 2 – эксплуатационные расходы; 3 – приведенные затраты; 4 – зона оптимального решения

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:

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

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

### **17.4. Содержание отчета и его форма**

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; характеристику условий, влияющих на



экономический ущерб от отказов конструкций; оценка экономического ущерба от отказов различных конструкций.

### **17.5. Вопросы для защиты работы**

1. В чем главная трудность подсчета 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 литературы :

1. Мкртычев, О.В. Теория надежности в проектировании строительных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мкртычев О.В., Райзер В.Д. - М. АСВ, 2016. – 908 с. - ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301895.html>
2. Мкртычев, О.В. Надежность строительных конструкций при взрывах и пожарах [Электронный ресурс]: монография / Мкртычев О.В., Дорожинский В.Б., Сидоров Д.С. - М.: АСВ, 2016. – 174с. - ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301765.html>
3. Надежность железобетонных зданий с системой сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор при землетрясении [Электронный ресурс]: монография/ Мкртычев О.В., Бунов А.А. - М.: АСВ, 2016. – 122 с. - ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301901.html>
4. Бедов, А.И. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. В 2-х ч. Ч.1. Обследование и оценка технического состояния оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бедов А.И., Знаменский В.В., Габитов А.И. - М.: АСВ, 2016. – 702 с. - ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300249.html>
5. Харитонов, В.А. Надежность строительных объектов и безопасность жизнедеятельности человека [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Харитонов. - М. : Абрис, 2012. – 367 с. - ЭБС «Консультант студента»-Доступ: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200780.html>
6. Эксплуатационная надежность металлических конструкций и сооружений производственных зданий в экстремальных условиях Севера [Электронный ресурс]: монография/ под редакцией В.В. Филиппова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 436 с. - ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113700.html>