

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Кумертауский филиал
Федерального государственного
Бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»
(Кумертауский филиал ОГУ)



УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по УМиНР
Л.Ю. Полякова
«05» 02 2026г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.03 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

для обучающихся по специальности
08.02.15 Информационное моделирование в строительстве

Кумертау 2026 г.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование многоэтажных зданий» разработаны на основе рабочей программы общеобразовательной дисциплины «Проектирование многоэтажных зданий» по специальности 08.02.15 Информационное моделирование в строительстве.

Организация-разработчик: Кумертауский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Разработчик: Е.В. Аверьянова, преподаватель

Рассмотрено и одобрено на заседании ПЦК «Общепрофессиональных дисциплин»

Протокол № 2 от «05» 02 2020г.

Председатель ПЦК



Г.Г. Черноглазова

Содержание

Введение.....	4
1 Организация практических занятий.....	5
2 Тематический план практических занятий.....	6
Тематический план лабораторных работ	6
3 Порядок проведения практических занятий.....	8
Порядок проведения лабораторных работ	157
4 Список рекомендуемой литературы	178

Введение

Методические рекомендации для проведения практических занятий по учебной дисциплине *Проектирование многоэтажных зданий* для обучающихся специальности 08.02.15 Информационное моделирование в строительстве разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины *Проектирование многоэтажных зданий*.

Методические указания направлены на формирование и развитие общих и профессиональных компетенций:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

ПК 2.1 Разрабатывать архитектурно-строительные чертежи с использованием технологии информационного моделирования

ПК 2.2 Проектировать строительные конструкции с использованием технологии информационного моделирования

ПК 2.3 Проектировать инженерные сети и оборудование с использованием технологии информационного моделирования

ПК 2.4 Разрабатывать несложные узлы и детали конструктивных элементов зданий с использованием технологии информационного моделирования

1 Организация практических занятий

Практическое занятие – это планируемая учебная и аудиторная работа обучающихся, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством и непосредственным участием.

В ходе проведения практических занятий обучающиеся очной формы решают практические задачи, заранее запланированные преподавателем, работают с конспектами лекций и литературой. Решение задач на практическом занятии оформляется письменно в отдельной тетради.

Оценка обучающихся на занятии проводится путем решения обучающимися практических задач как индивидуально, так и в группе, а также у доски. Выполнение задач оценивается по пятибалльной системе, оценка выставляется в индивидуальный журнал преподавателя.

Основная цель настоящих методических рекомендаций обусловлена необходимостью закрепления знаний студентов, полученных на лекциях и практических занятиях, проведения самостоятельных расчетов режимов электрических машин и некоторых соотношений их параметров.

Выполненные практические, лабораторные работы оформляются в виде отчета.

2 Тематический план практических занятий

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	Тема 1.1 Инженерно-геологические исследования строительных площадок	Практическое занятие №1 Определение диагностических признаков минералов	2
2		Практическое занятие № 2 Определение магматических, осадочных, метаморфических горных пород по образцам	2
3		Практическое занятие № 3 Построение геоморфологического и геологического разрезов	4
4		Практическое занятие № 4 Построение карты гидроизогипс по данным геологоразведки	2
Итого:			10
5	Тема 1.2 Строительные материалы и изделия	Практическое занятие № 5 Ознакомление с эксплуатационно - техническими характеристиками кровельных гидроизоляционных материалов	4
6		Практическое занятие № 6 Ознакомление с эксплуатационно - техническими характеристиками теплоизоляционных материалов	2
7		Практическое занятие № 7 Ознакомление со строительными смесями и листовыми материалами на основе гипсовых вяжущих	2
8		Практическое занятие № 8 Ознакомление со структурой и пороками древесины	2
Итого:			10
9	Тема 1.3 Архитектура зданий	Практическое занятие № 9 Вычерчивание конструктивной системы гражданского здания. Определение глубины заложения фундамента.	2
10		Практическое занятие № 10 Определение количества и характера работы перемычек. Вычерчивание перемычек над оконным или дверным проемом.	2
11		Практическое занятие № 11 Выполнение теплотехнического расчёта ограждающих конструкций	2
Итого:			6
12	Тема 1.3	Практическое занятие № 12 Вычерчивание схемы	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
	Архитектура зданий	расположения плит перекрытия	
13		Практическое занятие № 13 Конструирование и расчёт лестницы, лестничной клетки.	2
Итого:			
14	Тема 2.1. Основы проектирования строительных конструкций	Практическое занятие № 1 Сбор нагрузок на конструкции зданий: плит покрытия и перекрытия, фундамент.	2
15		Практическое занятие № 2 Расчёт и конструирование центрально – сжатой железобетонной колонны. Конструирование узлов соединения.	2
16		Практическое занятие № 3 Расчёт и конструирование многопустотной железобетонной плиты перекрытия	2
17		Практическое занятие № 4 Расчет и конструирование ребристой железобетонной плиты таврового сечения	2
18		Практическое занятие № 5 Расчёт и конструирование центрально – сжатой стальной колонны. Конструирование узлов соединения	2
19		Практическое занятие № 6 Расчёт сварных швов, болтовых соединений стальных конструкций	2
20		Практическое занятие № 7 Расчёт и конструирование элементов стальной стропильной фермы. Конструирование узлов	4
21		Практическое занятие № 8 Расчёт осадки оснований	2
22		Практическое занятие № 9 Расчет и конструирование столбчатого фундамента	4
23		Практическое занятие № 10 Расчет и конструирование свайных фундаментов	2
24		Практическое занятие № 11 Расчёт и конструирование деревянной стойки, лобовой врубки	2
25		Практическое занятие № 12 Подбор сечения, проверка несущей способности каменных и армокаменных конструкций.	2
Итого:			30

2 Тематический план лабораторных занятий

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	Тема 1.2 Строительные материалы и изделия	Лабораторная работа №1 Определение гранулометрического состава песка	2
2		Лабораторная работа №2 Определение водопотребности и сроков схватывания цементного теста	2
3		Лабораторная работа №3 Приготовление бетонной смеси и проверка свойств бетонной смеси	2
4		Лабораторная работа №4 Испытания арматуры для железобетонных конструкций	2
5		Лабораторная работа №5 Определение предела прочности бетона на сжатие	1
6		Лабораторная работа №6 Испытание и контроль качества бетона неразрушающим способом	1
Итого:			10

3 Порядок проведения практических занятий

Практическое занятие №1

Определение диагностических признаков минералов

1. Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков диагностики минералов по внешним признакам, освоение методики определения физических свойств минералов с использованием простейшего оборудования, а также формирование умений описывать и идентифицировать минералы по совокупности диагностических признаков .

2. Теоретическая часть

2.1. Понятие о минералах

Минерал – физически и химически индивидуализированное тело, однородное по составу и свойствам, возникшее как продукт природных физико-химических процессов и представляющее собой составную часть горных пород, руд . В настоящее время известно более двух тысяч минералов, но только немногие из них широко распространены и составляют основную массу горных пород. Эти минералы называются породообразующими .

2.2. Химическая классификация минералов

Наиболее распространенной является химическая классификация, по которой минералы разбиваются на классы, отличающиеся друг от друга по типу химического соединения .

Таблица 1. Химическая классификация минералов

Класс	Подклассы	Основные представители
I. Простые вещества	Самородные металлы	золото, серебро, платина
	Самородные неметаллы	сера, графит
II. Сульфиды	Простые сульфиды	пирит
	Сложные сульфиды	халькопирит
III. Оксиды и гидрооксиды	Простые оксиды и гидрооксиды	гематит, корунд, кварц
	Сложные оксиды	магнетит
IV. Сульфаты	–	ангидрит, гипс, барит
V. Фосфаты	–	апатит, фосфорит
VI. Карбонаты	–	кальцит, доломит, малахит
VII. Силикаты	Островные	оливин
	Цепочечные	пироксен
	Ленточные	амфиболы
	Листовые	слюды, тальк, хлорит
	Каркасные	полевые шпаты
VIII. Галогениды	Хлориды	галит, сильвин
	Фториды	флюорит

2.3. Диагностические признаки минералов

Каждый минерал обладает определенным химическим составом и имеет характерное для него внутреннее строение, что обуславливает

постоянные и индивидуальные физические свойства. При определении минералов по внешним признакам необходимо обращать внимание на общие для всех минералов признаки.

2.3.1. Оптические свойства

Цвет минерала – один из наиболее заметных, но не всегда надежных признаков. У одних минералов цвет постоянен (например, малахит всегда зеленый), у других может варьировать (кварц бывает бесцветным, розовым, фиолетовым, дымчатым).

Цвет черты – цвет минерала в тонком порошке. Определяется путем проведения минералом по неглазурованной фарфоровой пластинке. Для твердых минералов (твердость выше пластинки) черту получают соскабливанием тонкого порошка.

Блеск – способность минерала отражать свет. Различают:

- Металлический блеск (пирит, галенит)
- Полуметаллический (магнетит)
- Стекланный (кварц, полевые шпаты)
- Алмазный (алмаз)
- Жирный (тальк)
- Шелковистый (асбест)
- Перламутровый (слюды)
- Матовый (каолинит)

Прозрачность – способность минерала пропускать свет. Выделяют:

- Прозрачные (кварц, исландский шпат)
- Полупрозрачные (гипс)
- Просвечивающие (халцедон)
- Непрозрачные (пирит, магнетит)

2.3.2. Механические свойства

Твердость – способность минерала сопротивляться механическому воздействию. Определяется по шкале Мооса, состоящей из 10 эталонных минералов.

Таблица 2. Шкала Мооса

Твердость	Эталонный минерал	Простой определитель
1	Тальк	Чертится ногтем
2	Гипс	Чертится ногтем
3	Кальцит	Чертится медной монетой
4	Флюорит	Легко чертится ножом
5	Апатит	Чертится ножом с усилием
6	Ортоклаз	Чертится напильником, царапает стекло
7	Кварц	Легко царапает стекло
8	Топаз	Царапает кварц
9	Корунд	Царапает топаз
10	Алмаз	Режет стекло, царапает корунд

Спайность – способность минерала раскалываться по определенным направлениям с образованием гладких блестящих поверхностей. Различают:

- Весьма совершенную (слюда)

- Совершенную (кальцит, галенит)
- Среднюю (полевые шпаты)
- Несовершенную (апатит, оливин)
- Весьма несовершенную (кварц, магнетит)

Излом – характер поверхности при раскалывании минерала по неспайным направлениям:

- Ровный (кальцит по спайности)
- Неровный (апатит)
- Занозистый (асбест)
- Зернистый (магнетит)
- Землистый (каолинит)
- Раковистый (кварц)

2.3.3. Другие физические свойства

№ вар.	Набор минералов	Количество образцов	Дополнительное задание
1	Кварц, полевой шпат, слюда, кальцит, гипс	5	Построить диаграмму твердости
2	Пирит, магнетит, гематит, халькопирит, лимонит	5	Определить магнитные свойства
3	Галит, сильвин, флюорит, барит, ангидрит	5	Определить растворимость в воде
4	Кальцит, доломит, магнезит, сидерит, малахит	5	Провести реакцию с HCl
5	Оливин, пироксен, амфибол, тальк, хлорит	5	Определить спайность
6	Кварц (разновидности), опал, халцедон, агат, яшма	5	Определить излом
7	Графит, сера, золото, медь, серебро	5	Определить ковкость
8	Турмалин, берилл, топаз, корунд, алмаз	5	Определить твердость по шкале
9	Апатит, фосфорит, гипс, ангидрит, целестин	5	Определить цвет черты
10	Нефелин, лейцит, скаполит, анальцим, натролит	5	Изучить габитус кристаллов

Плотность (удельный вес) – зависит от химического состава и структуры минерала. Различают минералы:

- Легкие (плотность до 2,5 г/см³) – гипс, галит
- Средние (2,5-4 г/см³) – кварц, полевые шпаты
- Тяжелые (более 4 г/см³) – магнетит, галенит

Магнитность – свойство некоторых минералов взаимодействовать с магнитом (магнетит, пирротин) .

Реакция с соляной кислотой – характерна для карбонатов. Кальцит вскипает от холодной кислоты, доломит – от горячей или в порошке .

Вкус – определяется у растворимых в воде минералов (галит – соленый, сильвин – горько-соленый) .

Запах – характерен для некоторых минералов (сера, озокерит) .

2.4. Оборудование для диагностики

Для диагностики минералов применяются следующие приборы и материалы:

Таблица 3. Оборудование для диагностики минералов

Прибор/материал	Назначение
Лупа 10×	Осмотр включений, особенностей поверхности
Шкала Мооса	Определение твердости
Фарфоровая пластинка	Определение цвета черты
Стеклянная пластинка	Определение способности царапать стекло
Горный компас	Ориентировка, определение магнитности
Магнит	Определение магнитных свойств
Соляная кислота (10%)	Диагностика карбонатов
Пинцет, игла	Препарирование образцов

3. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 4. Варианты исходных данных

4. Оборудование и материалы

1. Коллекция минералов (согласно варианту)
2. Лупа бинокулярная или ручная (10×)
3. Шкала Мооса (эталонные минералы)
4. Фарфоровые пластинки (бисквит)
5. Стеклянные пластинки
6. Магнит постоянный
7. Соляная кислота (10-15%) в капельнице
8. Горный компас
9. Пинцет, препаровальная игла
10. Весы аналитические (для определения плотности)
11. стакан с водой, нить (для гидростатического взвешивания)

5. Порядок выполнения работы

5.1. Подготовительный этап

1. Ознакомиться с техникой безопасности при работе с химическими реактивами и хрупкими образцами.

2. Получить у преподавателя набор минералов согласно варианту задания.

3. Подготовить рабочее место, разложить инструменты и образцы.

5.2. Определение оптических свойств

5.2.1. Определение цвета минерала

1. Осмотреть образец невооруженным глазом при хорошем естественном освещении .

2. Определить основной цвет минерала, отметить оттенки и их распределение.

3. Записать цвет в рабочую тетрадь.

5.2.2. Определение цвета черты

1. Провести минералом по неглазурованной фарфоровой пластинке.

2. Если минерал оставляет черту, определить ее цвет.

3. Для твердых минералов (тверже фарфора) соскоблить тонкий порошок и растереть на пластинке.

4. Записать цвет черты (может отличаться от цвета минерала).

5.2.3. Определение блеска

1. Рассмотреть поверхность минерала под разными углами к источнику света.

2. Определить тип блеска по классификации.

3. Записать результат.

5.2.4. Определение прозрачности

1. Рассмотреть минерал на просвет (против источника света).

2. Определить степень прозрачности (прозрачный, полупрозрачный, просвечивающий, непрозрачный).

3. Записать результат.

5.3. Определение механических свойств

5.3.1. Определение твердости по шкале Мооса

1. Выбрать эталонный минерал с минимальной твердостью (тальк).

2. Провести эталоном по исследуемому минералу, затем наоборот.

3. Повторять с последовательным увеличением твердости эталонов.

4. Твердость исследуемого минерала равна твердости последнего эталона, который его царапает, или первого, который царапается им.

5. Записать твердость (число от 1 до 10).

5.3.2. Определение спайности

1. Рассмотреть поверхности раскола минерала.

2. При наличии гладких блестящих плоскостей – наблюдается спайность.

3. Определить количество направлений спайности и качество поверхностей.

4. Определить степень совершенства спайности.

5. Записать результат.

5.3.3. Определение излома

1. Рассмотреть поверхность раскола по неспайным направлениям.

2. Определить тип излома по классификации.

3. Записать результат.

5.4. Определение других физических свойств

5.4.1. Определение плотности (для крупных образцов)

1. Взвесить образец на воздухе (m_1).

2. Подвесить образец на нити и полностью погрузить в воду, взвесить (m_2).

3. Рассчитать плотность: $\rho = m_1 / (m_1 - m_2) \times \rho(\text{воды})$.

5.4.2. Определение магнитности

1. Поднести магнит к образцу.

2. Отметить степень притяжения (сильное, слабое, отсутствует).

3. Записать результат.

5.4.3. Реакция с соляной кислотой

1. Нанести каплю соляной кислоты на свежий скол минерала (или на порошок).

2. Отметить наличие/отсутствие вскипания (выделения пузырьков CO₂).

3. Для слабо реагирующих минералов – нагреть кислоту или использовать порошок.

4. Записать результат.

5.4.4. Определение вкуса (только для растворимых минералов)

1. Смочить палец водой, прикоснуться к минералу, затем к языку.

2. Отметить вкусовые ощущения.

3. Записать результат.

5.5. Определение формы кристаллов и агрегатов

1. Рассмотреть форму минерала (кристаллы, зерна, плотные массы).

2. При наличии кристаллических форм отметить их габитус.

3. Записать характеристику.

5.6. Заполнение описательной таблицы

Таблица 5. Описание диагностических признаков минералов

Признак	Минерал №1	Минерал №2	Минерал №3	Минерал №4	Минерал №5
Оптические свойства					
Цвет минерала					
Цвет черты					
Блеск					
Прозрачность					
Механические свойства					
Твердость (по Моосу)					
Спайность					
Излом					
Другие свойства					
Плотность, г/см ³					
Магнитность					
Реакция с HCl					
Особые свойства					
Форма выделения					
Кристаллы/агрегаты					
Название минерала					

5.7. Идентификация минералов

1. По совокупности определенных признаков сравнить полученные данные с описаниями в определителе минералов .

2. Использовать диагностические таблицы (приложение 1).

3. Определить название каждого минерала.

4. Указать класс по химической классификации.

6. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные: номер варианта, перечень исследуемых образцов.

3. Заполненную таблицу описания диагностических признаков (Таблица 5).

4. Краткое описание методики определения каждого диагностического признака.

5. Сводную таблицу результатов определения минералов (Форма 1).

Форма 1. Результаты определения минералов

№ образца	Название минерала	Химическая формула	Класс	Диагностические признаки	Практическое применение
1					
2					
3					
4					
5					

6. Фотографии или зарисовки наиболее характерных образцов.

7. Выводы по работе:

○ Какие диагностические признаки оказались наиболее надежными?

○ Какие минералы вызвали затруднения при определении и почему?

○ Практическое значение определенных минералов.

○ Освоенные методы диагностики.

7. Контрольные вопросы

1. Что такое минерал и чем он отличается от горной породы?

2. Какие классы минералов выделяются в химической классификации? Приведите примеры.

3. Какие оптические свойства минералов используются для диагностики?

4. Как определяется твердость минерала по шкале Мооса?

5. Что такое спайность и какие виды спайности различают?

6. Чем отличается цвет минерала от цвета черты?

7. Какие минералы реагируют с соляной кислотой и какова эта реакция?

8. Как определить магнитные свойства минералов?

9. Какие минералы являются породообразующими и почему?

10. Какие современные инструментальные методы используются для диагностики минералов?

8. Справочный материал

Приложение 1. Диагностические таблицы основных минералов

Таблица 6. Минералы с металлическим блеском

Минерал	Твердость	Цвет	Черта	Спайность	Магнитность	Другие признаки
Пирит	6-6,5	Латунно-желтый	Черно-зеленая	Несовершенная	Нет	Кубические кристаллы

Магнетит	5,5-6	Черный	Черная	Отсутствует	Сильная	Магнитный
Гематит	5,5-6	Красновато-черный	Вишнево-красная	Отсутствует	Нет	Красный оттенок
Галенит	2,5-3	Свинцово-серый	Серовато-черная	Совершенная	Нет	Высокая плотность
Халькопирит	3,5-4	Золотисто-желтый	Зеленовато-черный	Несовершенная	Нет	Радужная побежалость

Таблица 7. Минералы с неметаллическим блеском

Минерал	Твердость	Цвет	Черт а	Спайность	Блеск	Другие признаки
Кварц	7	Бесцветный, разноцветный	Белая	Отсутствует	Стеклянный	Раковистый излом
Полевой шпат	6	Белый, розовый, серый	Белая	Совершенная	Стеклянный	Две системы спайности
Кальцит	3	Белый, прозрачный	Белая	Совершенная	Стеклянный	Вскипает в HCl
Гипс	2	Белый, прозрачный	Белая	Весьма совершенная	Шелковистый	Мягкий, царапается ногтем
Слюда мусковит	2-2,5	Бесцветный, светлый	Белая	Весьма совершенная	Перламутровый	Расщепляется на тонкие листочки
Тальк	1	Зеленоватый, белый	Белая	Совершенная	Жирный	Жирный на ощупь
Флюорит	4	Фиолетовый, зеленый	Белая	Совершенная	Стеклянный	Флуоресценция
Апатит	5	Зеленый, голубой	Белая	Несовершенная	Жирный	Шестигранные призмы
Галит	2,5	Белый, прозрачный	Белая	Совершенная	Стеклянный	Соленый вкус

Таблица 8. Карбонатные минералы

Минерал	Твердость	Цвет	Спайность	Реакция с HCl	Другие признаки
Кальцит	3	Белый, прозрачный	Совершенная	Бурно вскипает в холодной HCl	Двойное лучепреломление
Доломит	3,5-4	Белый, розовый	Совершенная	Вскипает в порошке или горячей HCl	Розоватые оттенки
Магнезит	4-4,5	Белый, желтоватый	Совершенная	Реагирует только в горячей HCl	Плотные массы
Сидерит	3,5-4	Желтовато-бурый	Совершенная	Вскипает в холодной	Высокая плотность

				НСI	
Малахит	3,5-4	Ярко-зеленый	Несовершенная	Вскипает	Зеленые натечные формы

Рекомендуемая литература

1. Сустанов, С. Г. Кристаллография и минералогия. Определитель минералов по внешним признакам: учебное пособие / С. Г. Сустанов. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 99 с.
2. Ананьева, Л. Г. Определитель минералов и горных пород: справочное пособие / Л. Г. Ананьева. – Томск: ТПУ, 2019. – 64 с.
3. Чекулаев В. В., Серёгина О. В. Методические указания для выполнения лабораторных работ по определению минералов: учебно-методическое пособие. – Тула: Издательство ТулГУ, 2018.
4. Щепетильникова В. М., Назарова А. Е., Сенина М. О. и др. Исследование минералов и изделий из них: курс лекций. – Москва: РФЦСЭ при Минюсте России, 2024. – 278 с.

Практическое занятие № 2

Определение магматических, осадочных, метаморфических горных пород по образцам

Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков диагностики горных пород трех основных генетических типов (магматических, осадочных, метаморфических) по внешним признакам, освоение методики определения структуры, текстуры, минерального состава и условий образования пород, а также формирование умений описывать и идентифицировать горные породы с использованием определителей и диагностических таблиц .

2. Теоретическая часть

2.1. Понятие о горных породах

Горные породы (ГП) – естественные минеральные агрегаты более или менее постоянного состава, образованные в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных геологических тел .

По минеральному составу горные породы подразделяются на:

- Мономинеральные – состоят из одного минерала (кварцит, мрамор, известняк);
- Полиминеральные – состоят из нескольких минералов (гранит, гнейс) .

По значению в образовании пород выделяют минералы:

- Главные (породообразующие) – их содержание в породе обычно > 5%;
- Второстепенные (акцессорные) – их содержание < 5% .

2.2. Классификация горных пород по происхождению

По условиям и способу образования все горные породы подразделяются на три основных класса:

Таблица 1. Генетическая классификация горных пород

Генетический класс	Условия образования	Примеры
Магматические	Образуются при застывании и кристаллизации природных силикатных расплавов (магмы, лавы)	Гранит, базальт, пемза
Осадочные	Образуются на поверхности Земли в результате разрушения пород, осаждения веществ из воды и жизнедеятельности организмов	Песок, глина, известняк
Метаморфические	Образуются при преобразовании ранее существовавших пород под влиянием высоких температур и давления	Мрамор, гнейс, кварцит

2.3. Магматические горные породы

2.3.1. Условия образования

Магматические породы возникают в результате кристаллизации природных силикатных расплавов внутри Земли и на ее поверхности. По условиям образования они подразделяются на:

Интрузивные (плутонические) – образуются при застывании магмы на глубине. Застывают медленно (тысячи лет), поэтому успевают полностью раскристаллизоваться. Характеризуются полнокристаллической структурой и массивной текстурой.

Эффузивные (вулканические) – формируются на дневной поверхности при излиянии лавы. Остывают быстро, поэтому часто не успевают раскристаллизоваться.

Характеризуются стекловатой, скрытокристаллической или порфировой структурой и пористой, миндалекаменной или флюидальной текстурой.

Гипабиссальные (жильные) – занимают промежуточное положение. Имеют полнокристаллическую мелкозернистую структуру и массивную текстуру.

2.3.2. Структуры магматических пород

Структура – особенности внутреннего строения породы, обусловленные степенью кристалличности, размерами и формой минеральных зерен.

Таблица 2. Структуры магматических пород

Признак	Тип структуры	Характеристика
По степени кристалличности	Полнокристаллическая	Порода полностью сложена кристаллическими зернами (интрузивные)
	Неполнокристаллическая	Часть вещества не раскристаллизована (эффузивные)

	Стекловатая	Порода сложена вулканическим стеклом
По размеру зерен	Гигантозернистая	> 10 мм
	Крупнозернистая	10–3 мм
	Среднезернистая	3–1 мм
	Мелкозернистая	1–0,1 мм
	Тонкозернистая (афанитовая)	< 0,1 мм
По относительному размеру	Равномернозернистая	Зерна одного размера
	Порфиоровидная	Крупные зерна в полнокристаллической массе
	Порфиоровая	Крупные зерна (вкрапленники) в стекловатой или скрытокристаллической массе

2.3.3. Текстуры магматических пород

Текстура – особенности сложения породы, обусловленные расположением минеральных зерен в пространстве .

Таблица 3. Текстуры магматических пород

Тип текстуры	Характеристика	Генезис
Массивная	Беспорядочное расположение минералов, плотное сложение	Интрузивные, эффузивные
Пористая	Наличие пустот от пузырьков газов	Эффузивные
Миндалекаменная	Пустоты заполнены вторичными минералами	Эффузивные
Флюидальная	Потокообразное расположение минералов	Эффузивные (стекловатые)
Полосчатая	Чередование полос разного состава	Эффузивные

2.3.4. Химическая классификация магматических пород

По содержанию кремнезема (SiO_2) магматические породы делятся на 4 группы :

Таблица 4. Классификация магматических пород по содержанию SiO_2

Группа	SiO_2 , %	Интрузивные	Эффузивные	Характерные минералы
Кислые	> 65	Гранит	Риолит (липарит)	Кварц, полевые шпаты, слюда
Средние	52–65	Сиенит, диорит	Трахит, андезит	Роговая обманка, плагиоклаз
Основные	45–52	Габбро	Базальт	Пироксен, плагиоклаз
Ультраосновные	< 45	Перидотит, дунит	Пикрит	Оливин, пироксен

Закономерности минерального состава :

1. В кислых породах обязательно присутствует кварц.
2. В средних породах из темных минералов преобладает роговая обманка.
3. В основных породах из темных минералов преобладает пироксен.
4. Ультраосновные породы не содержат светлых минералов (только оливин и пироксен).

2.4. Осадочные горные породы

2.4.1. Условия образования

Осадочные породы образуются в результате экзогенных процессов на поверхности Земли – на дне водоемов или на поверхности суши. Они покрывают около 75% поверхности Земли .

Процесс образования (литогенез) включает стадии :

1. Выветривание – разрушение исходных пород;
2. Перенос – транспортировка обломков водой, ветром, ледниками;
3. Отложение (седиментация) – накопление осадков;
4. Диагенез – уплотнение, цементация, превращение в твердую породу.

2.4.2. Классификация осадочных пород

Осадочные породы подразделяются на три основные группы :

Таблица 5. Генетическая классификация осадочных пород

Группа	Происхождение	Примеры
Обломочные (терригенные)	Механическое разрушение других пород	Песок, глина, конгломерат
Хемогенные	Химическое осаждение из растворов	Гипс, каменная соль, известняк
Органогенные	Накопление остатков организмов	Мел, ракушечник, диатомит

2.4.3. Классификация обломочных пород

Обломочные породы классифицируются по размеру, окатанности и степени сцементированности обломков.

Таблица 6. Классификация обломочных пород

Размер частиц, мм	Рыхлые (несцементированные)	Сцементированные		
	окатанные	угловатые	окатанные	угловатые
> 200	Валуны	Глыбы	Конгломерат валунный	Брекчия глыбовая
200–10	Галечник	Щебень	Конгломерат	Брекчия
10–2	Гравий	Дресва	Гравелит	Брекчия мелкообломочная
2–0,5	Песок крупный	Песок крупный	Песчаник крупнозернистый	Песчаник крупнозернистый
0,5–0,25	Песок средний	Песок средний	Песчаник среднезернистый	Песчаник среднезернистый
0,25–0,1	Песок мелкий	Песок мелкий	Песчаник мелкозернистый	Песчаник мелкозернистый
0,1–0,05	Алеврит (пыль)	Алеврит (пыль)	Алевролит	Алевролит
< 0,005	Глина	Глина	Аргиллит	Аргиллит

2.4.4. Хемогенные и органогенные породы

Таблица 7. Хемогенные породы

Группа	Название	Химический состав
Галоиды	Галит (каменная соль)	NaCl
	Сильвин	KCl
Сульфаты	Гипс	CaSO ₄ ·2H ₂ O
	Ангидрит	CaSO ₄
Карбонаты	Известняк плотный	CaCO ₃
	Доломит	CaMg(CO ₃) ₂
	Магнезит	MgCO ₃

Таблица 8. Органогенные породы

Группа	Название	Состав
Известковые	Известняк-ракушечник	CaCO ₃ (раковины)
	Мел	CaCO ₃ (кокколиты)
Кремнистые	Трепел	SiO ₂ ·nH ₂ O
	Опока	SiO ₂ ·nH ₂ O
	Диатомит	SiO ₂ ·nH ₂ O (панцири диатомей)
Углеродистые	Торф	Органические соединения
	Уголь	Органические соединения

2.4.5. Структуры и текстуры осадочных пород

Структуры осадочных пород :

- Псаммитовая – песчаная (0,1–2 мм)
- Алевритовая – пылеватая (0,005–0,1 мм)
- Пелитовая – глинистая (< 0,005 мм)
- Кристаллически-зернистая – для хемогенных пород
- Оолитовая – скопления мелких шаровидных стяжений
- Биоморфная – хорошая сохранность остатков организмов
- Детритовая – порода из скелетных обломков

Текстуры осадочных пород :

- Слоистая – чередование слоев (горизонтальная, косая, волнистая)
- Массивная – однородное сложение
- Пористая – наличие пор
- Рыхлая – для нецементированных пород

2.5. Метаморфические горные породы

2.5.1. Условия образования

Метаморфические породы образуются при преобразовании любых ранее существовавших пород (магматических, осадочных, метаморфических) под влиянием высоких температур, давления и химически активных веществ .

Факторы метаморфизма:

- Температура (300–800°C)
- Давление (литостатическое и стрессовое)
- Химически активные флюиды (вода, углекислота)

2.5.2. Типы метаморфизма

- Региональный – охватывает огромные территории (гнейсы, сланцы)

- Контактный – под воздействием внедряющейся магмы (роговики, скарны)

- Динамометаморфизм – в зонах разломов (милониты, катаклазиты)

2.5.3. Минеральный состав метаморфических пород

Характерные минералы метаморфических пород :

- Кварц
- Слюды (мусковит, биотит)
- Полевые шпаты
- Амфиболы (роговая обманка)
- Пироксены
- Гранаты
- Тальк
- Хлорит
- Эпидот
- Карбонаты (кальцит, доломит)

2.5.4. Структуры и текстуры метаморфических пород

Структуры:

- Кристаллобластическая – перекристаллизация без плавления
- Гранобластовая – зернистая (кварцит, мрамор)
- Лепидобластовая – чешуйчатая (сланцы)
- Нематобластовая – игольчатая (амфиболиты)
- Порфиробластовая – крупные зерна в мелкозернистой массе

Текстуры :

- Сланцеватая – параллельное расположение чешуйчатых минералов
- Полосчатая – чередование полос разного состава
- Гнейсовая – нечеткая полосчатость, чередование светлых и темных

минералов

- Массивная – однородная (кварцит, мрамор)
- Пятнистая – неравномерное распределение минералов

2.5.5. Список метаморфических пород для определения

1. Глинистый сланец
2. Филлит
3. Слюдяной сланец
4. Гнейс (парагнейс и ортогнейс)
5. Кварцит
6. Мрамор
7. Змеевик (серпентин)
8. Хлорит-серицитовый сланец
9. Тальковый сланец
10. Хлоритовый сланец
11. Амфиболит
12. Роговик
13. Скарн

3. Оборудование и материалы

1. Коллекция образцов горных пород различных генетических типов (магматических, осадочных, метаморфических) – 10–12 образцов

2. Лупа бинокулярная или ручная (10×)

3. Шкала Мооса (эталонные минералы)

4. Фарфоровые пластинки (бисквит) – для определения цвета черты

5. Стеклянные пластинки – для определения твердости

6. Магнит постоянный

7. Соляная кислота (10%) в капельнице

8. Пинцет, препаровальная игла

9. стакан с водой

10. Определители и диагностические таблицы горных пород

4. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 9. Варианты исходных данных

№ вар.	Группы пород	Количество образцов	Состав коллекции	Дополнительное задание
1	Магматические	4	Гранит, базальт, пемза, габбро	Зарисовать структуры
2	Осадочные	4	Песчаник, известняк, глина, гипс	Проверить реакцию с HCl
3	Метаморфические	4	Мрамор, кварцит, гнейс, сланец	Определить тип метаморфизма
4	Магматические + осадочные	6	Гранит, базальт, обсидиан, песок, мел, каменная соль	Сравнить структуры
5	Магматические + метаморфические	6	Диорит, андезит, габбро, амфиболит, серпентин, мрамор	Определить исходные породы
6	Осадочные + метаморфические	6	Известняк, доломит, песчаник, филлит, кристаллический сланец, гнейс	Построить схему превращений
7	Все типы	8	Гранит, базальт, песок, известняк, гнейс, мрамор, сланец, гипс	Составить классификационную таблицу
8	Все типы	10	Кислые, средние, основные породы; обломочные, хемогенные, органогенные; регионально и контактно метаморфизованные	Полный генетический анализ
9	Магматические (контрастные)	5	Риолит, трахит, андезит, базальт, пикрит	Определить содержание SiO ₂
10	Осадочные (цементированные)	5	Конгломерат, брекчия, песчаник, алевролит, аргиллит	Определить тип цемента

5. Порядок выполнения работы

5.1. Подготовительный этап

1. Ознакомиться с теоретическим материалом по теме.
2. Получить у преподавателя набор образцов согласно варианту задания.
3. Подготовить рабочее место, разложить инструменты и образцы.

5.2. Последовательность описания горной породы

5.2.1. Определение цвета породы

1. Рассмотреть образец на свежем изломе (цвет может изменяться при выветривании).
2. Определить основной цвет (преобладающий).
3. Отметить наличие оттенков и их распределение.
4. Для магматических пород дополнительно определить окраску по соотношению светлых и темных минералов :
 - Лейкократовая – преобладают светлые минералы (до 30% темноцветных)
 - Мезократовая – примерно равное соотношение
 - Меланократовая – преобладают темноцветные минералы (более 60%)

5.2.2. Определение структуры

1. Рассмотреть поверхность образца невооруженным глазом и с лупой.
2. Определить степень кристалличности (полнокристаллическая, скрытокристаллическая, стекловатая).
3. Определить размер зерен (для кристаллических пород):
 - Гигантозернистая (> 10 мм)
 - Крупнозернистая (10–3 мм)
 - Среднезернистая (3–1 мм)
 - Мелкозернистая (1–0,1 мм)
4. Для обломочных пород определить размер и форму обломков .
5. Для метаморфических пород определить тип структуры (гранобластовая, лепидобластовая и др.).

5.2.3. Определение текстуры

1. Рассмотреть характер сложения породы.
2. Определить тип текстуры:
 - Массивная – однородное беспорядочное сложение
 - Сланцеватая – способность раскалываться на тонкие плитки
 - Полосчатая – чередование полос разного состава или цвета
 - Пористая – наличие видимых пор
 - Миндалекаменная – поры, заполненные вторичными минералами
 - Флюидальная – следы течения
 - Слоистая – наличие слоев (для осадочных)

5.2.4. Определение минерального состава

1. Выявить главные породообразующие минералы по внешним признакам:

- Кварц (стеклянный блеск, раковистый излом, высокая твердость)
 - Полевые шпаты (две системы спайности)
 - Слюды (совершенная спайность, расщепление на листочки)
 - Амфиболы и пироксены (удлиненные кристаллы)
 - Кальцит (вскипает в HCl)
2. Оценить примерное содержание каждого минерала.
3. Отметить наличие второстепенных минералов.

5.2.5. Определение специальных свойств

1. Реакция с HCl – для карбонатных пород (известняк, доломит, мрамор). Интенсивность вскипания указывает на содержание карбонатов .
2. Магнитность – поднести магнит для обнаружения магнетита.
3. Твердость – для диагностики сходных пород (например, кварцит царапает стекло, мрамор – нет).
4. Растворимость в воде – для галоидов (каменная соль).

5.2.6. Определение генезиса

На основе определенных признаков установить генетический тип породы:

- Магматическая – полнокристаллическая, порфировая или стекловатая структура, массивная текстура
- Осадочная – обломочная структура, слоистость, наличие окаменелостей
- Метаморфическая – сланцеватая или гнейсовая текстура, кристаллобластовая структура

5.2.7. Определение названия породы

1. Сверить полученные характеристики с диагностическими таблицами (Приложения 1–3).
2. Определить точное название породы.
3. Для магматических пород указать группу по содержанию SiO₂ (кислая, средняя, основная).
4. Для метаморфических пород указать возможный тип исходной породы и тип метаморфизма .

5.3. Заполнение описательной таблицы

Таблица 10. Описание образцов горных пород

Признак	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Цвет					
Структура					
Текстура					
Минеральный состав					
Реакция с HCl					
Магнитность					

Твердость					
Другие свойства					
Генетический тип					
Название породы					

5.4. Составление классификационной схемы

1. Распределить определенные породы по генетическим классам.
2. Для магматических – указать группу по содержанию SiO₂ и условия образования.
3. Для осадочных – указать группу по происхождению (обломочные, хемогенные, органогенные).
4. Для метаморфических – указать тип метаморфизма и исходную породу.

6. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные: номер варианта, перечень исследуемых образцов.
3. Заполненную таблицу описания диагностических признаков (Таблица 10).
4. Сводную таблицу результатов определения (Форма 1).

Форма 1. Результаты определения горных пород

№	Название породы	Генетический класс	Условия образования	Структура	Текстура	Минеральный состав	Практическое применение
1							
2							
3							
4							
5							

5. Классификационную схему определенных пород.
6. Зарисовки или фотографии наиболее характерных образцов (не менее 3).
7. Выводы по работе:
 - Какие диагностические признаки оказались наиболее информативными?
 - Какие породы вызвали затруднения при определении и почему?
 - Сравнительная характеристика пород разных генетических типов.
 - Практическое значение определенных пород.
 - Освоенные методы диагностики.
7. Контрольные вопросы
 1. Что такое горная порода и чем она отличается от минерала?
 2. По каким признакам классифицируются горные породы по происхождению?
 3. Каковы основные отличия интрузивных и эффузивных магматических пород?

4. Какие структуры характерны для магматических пород?
5. Как классифицируются осадочные обломочные породы?
6. Какие породы реагируют с соляной кислотой и почему?
7. Какие текстуры характерны для метаморфических пород?
8. Что такое сланцеватость и как она образуется?
9. Как по внешним признакам отличить гранит от гнейса?
10. Какие метаморфические породы образуются из известняка и песчаника?

8. Приложения

Приложение 1. Диагностическая таблица магматических пород

Порода	Цвет	Структура	Текстура	Минеральный состав	SiO ₂
Гранит	Светло-серый, розовый	Полнокристаллическая крупно-среднезернистая	Массивная	Кварц, полевой шпат, слюда	>65%
Риолит	Светлый, желтоватый	Порфировая, скрытокристаллическая	Массивная, флюидальная	Вкрапленники кварца и полевого шпата	>65%
Сиенит	Розовый, серый	Полнокристаллическая среднезернистая	Массивная	Калиевый полевой шпат, роговая обманка	52–65%
Трахит	Розовый, желтый	Порфировая	Пористая	Вкрапленники полевого шпата	52–65%
Диорит	Серый, зеленовато-серый	Полнокристаллическая среднезернистая	Массивная	Плагиоклаз, роговая обманка	52–65%
Андезит	Серый, зеленоватый	Порфировая	Массивная, пористая	Вкрапленники плагиоклаза	52–65%
Габбро	Темно-серый, черный	Полнокристаллическая средне-крупнозернистая	Массивная	Пироксен, плагиоклаз	45–52%
Базальт	Черный, темно-серый	Афанитовая, порфировая	Пористая, миндалекаменная	Пироксен, плагиоклаз	45–52%
Перидотит	Темно-зеленый, черный	Полнокристаллическая крупнозернистая	Массивная	Оливин, пироксен	<45%
Пемза	Светлый	Стекловатая, ячеистая	Высокопористая	Вулканическое стекло	переменный
Обсидиан	Черный, красный	Стекловатая	Массивная, раковистый излом	Вулканическое стекло	переменный

Приложение 2. Диагностическая таблица осадочных пород

Порода	Структура	Текстура	Цвет	Реакция с HCl	Состав
--------	-----------	----------	------	---------------	--------

Конгломерат	Грубообломочная (окатанные обломки)	Массивная	Разный	Нет	Обломки разных пород
Брекчия	Грубообломочная (угловатые обломки)	Массивная	Разный	Нет	Обломки разных пород
Песчаник	Псаммитовая (0,1–2 мм)	Массивная, слоистая	Желтый, серый, красный	Нет	Кварц, полевые шпаты
Алевролит	Алевритовая (0,05–0,1 мм)	Слоистая	Серый, коричневый	Нет	Кварц, глинистые минералы
Аргиллит	Пелитовая (<0,005 мм)	Слоистая, плитчатая	Серый, черный	Нет	Глинистые минералы
Глина	Пелитовая	Землистая, пластичная	Разный	Нет	Глинистые минералы
Известняк	Органогенная, кристаллическая	Массивная, слоистая	Белый, серый, желтый	Бурно	Кальцит
Мел	Биоморфная	Мягкая, пишет	Белый	Бурно	Кальцит
Доломит	Кристаллически-зернистая	Массивная, пористая	Белый, серый	В порошке или горячей	Доломит
Гипс	Кристаллически-зернистая	Массивная, волокнистая	Белый, прозрачный	Нет	Гипс
Каменная соль	Кристаллически-зернистая	Массивная	Белый, прозрачный	Нет	Галит

Приложение 3. Диагностическая таблица метаморфических пород

Порода	Структура	Текстура	Цвет	Минеральный состав	Исходная порода
Мрамор	Гранобластовая	Массивная	Белый, цветной	Кальцит, доломит	Известняк, доломит
Кварцит	Гранобластовая	Массивная, плитчатая	Белый, серый, красный	Кварц	Песчаник, кварцевый песок
Гнейс	Гранобластовая	Гнейсовая (полосчатая)	Серый, розовый	Кварц, полевой шпат, слюда	Гранит, песчаник
Слюдяной сланец	Лепидобластовая	С			

Практическое занятие № 3

Построение геоморфологического и геологического разрезов

Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков построения геоморфологических и геологических разрезов по топографической карте и данным инженерно-геологических изысканий, освоение методики отображения рельефа, элементов геологического строения и гидрогеологических условий на разрезах, а также формирование умений интерпретировать геологическую информацию для решения инженерно-строительных задач.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для построения разрезов

№ вар.	Номер топографической карты	Масштаб карты	Горизонтальное сечение, м	Линия разреза	Количество скважин	Интервал глубин скважин, м
1	P-36-56	1:25 000	5	I-I' (запад-восток)	4	0–25
2	O-37-128	1:50 000	10	II-II' (север-юг)	5	0–30
3	N-34-76	1:100 000	20	III-III' (юго-запад – северо-восток)	4	0–40
4	M-38-92	1:25 000	5	IV-IV' (восток-запад)	5	0–20

5	L-37-44	1:50 000	10	V-V' (северо-запад – юго-восток)	4	0–35
6	K-35-18	1:100 000	20	VI-VI' (юг-север)	5	0–45
7	J-36-85	1:25 000	5	VII-VII' (запад-восток)	4	0–22
8	I-37-63	1:50 000	10	VIII-VIII' (север-юг)	5	0–28
9	H-34-27	1:100 000	20	IX-IX' (юго-восток – северо-запад)	4	0–38
10	G-35-91	1:25 000	5	X-X' (восток-запад)	5	0–24

Таблица 2. Данные инженерно-геологических скважин

№ скв.	Координаты X, м	Координаты Y, м	Абсолютная отметка устья, м	Глубина скважины, м	Описание разреза (слои)
Вариант 1					
1	500	1200	156,5	20	0–3,5 м: почвенно-растительный слой (супесь) 3,5–8,0 м: песок мелкий 8,0–12,5 м: суглинок 12,5–18,0 м: песок гравелистый 18,0–20,0 м: глина плотная
2	1100	1250	158,2	22	0–4,0 м: супесь 4,0–9,5 м: песок пылеватый 9,5–14,0 м: суглинок 14,0–19,5 м: песок крупный 19,5–22,0 м: глина
3	1800	1300	159,8	18	0–3,0 м: почвенный слой 3,0–7,5 м: песок мелкий 7,5–12,0 м: суглинок с гравием 12,0–16,5 м: песок гравелистый 16,5–18,0 м: глина
4	2400	1350	158,5	25	0–3,5 м: супесь 3,5–8,5 м: песок средней крупности 8,5–13,5 м: суглинок 13,5–19,0 м: песок крупный 19,0–23,5 м: глина

					23,5–25,0 м: известняк
Вариант 2					
1	400	800	210,3	25	0–2,5 м: насыпной грунт 2,5–6,5 м: песок пылеватый 6,5–11,0 м: супесь 11,0–16,5 м: суглинок 16,5–22,0 м: глина 22,0–25,0 м: песок гравелистый
2	950	820	212,7	28	0–3,0 м: почвенный слой 3,0–7,5 м: песок мелкий 7,5–12,5 м: суглинок 12,5–18,5 м: глина 18,5–24,0 м: песок крупный 24,0–28,0 м: известняк
3	1550	840	214,2	30	0–3,5 м: супесь 3,5–8,5 м: песок средней крупности 8,5–14,0 м: суглинок 14,0–20,5 м: глина 20,5–26,0 м: песок гравелистый 26,0–30,0 м: мергель
4	2100	860	213,5	24	0–2,5 м: насыпной грунт 2,5–6,5 м: песок пылеватый 6,5–11,5 м: супесь 11,5–16,5 м: суглинок 16,5–21,0 м: глина 21,0–24,0 м: известняк
5	2700	880	211,8	26	0–3,0 м: почвенный слой 3,0–7,0 м: песок мелкий 7,0–12,5 м: суглинок 12,5–18,5 м: глина 18,5–23,0 м: песок крупный 23,0–26,0 м: известняк

Примечание: Для остальных вариантов данные скважин выдаются преподавателем дополнительно на основе топографической карты указанного масштаба.

3. Оборудование и материалы

1. Топографическая карта заданного масштаба (электронная или бумажная копия)

2. Данные инженерно-геологических скважин
3. Миллиметровая бумага (формат А3 или А2)
4. Линейка металлическая (30–50 см)
5. Угольник чертежный
6. Транспорт
7. Простой карандаш (твердость Т, ТМ, М)
8. Цветные карандаши (для раскраски слоев)
9. Ластик
10. Циркуль-измеритель
11. Масштабная линейка
4. Условные обозначения для геологического разреза

Таблица 3. Условные обозначения горных пород (литология)

Порода	Обозначение (штриховка)	Цвет	Индекс
Почвенно-растительный слой	Мелкие точки	Коричневый	p
Насыпной грунт	Хаотичные точки	Черный	t
Супесь	Короткие пунктирные линии	Светло-коричневый	lp
Суглинок	Короткие прерывистые линии	Коричневый	lg
Глина	Длинные прерывистые линии	Темно-коричневый	gl
Песок мелкий	Мелкие точки	Желтый	m
Песок средней крупности	Крупные точки	Желтый	ms
Песок крупный	Крупные редкие точки	Оранжевый	cs
Песок гравелистый	Крупные точки с кружками	Оранжевый	gr
Гравий	Кружки	Оранжевый	g
Известняк	Кирпичики	Голубой	ls
Мергель	Кирпичики с точками	Зеленый	ml
Доломит	Ромбики	Розовый	dl
Песчаник	Треугольники	Желто-коричневый	ss

Таблица 4. Условные обозначения для геоморфологического разреза

Элемент	Обозначение
Линия рельефа	Сплошная тонкая черная линия
Горизонтالي (проекция)	Тонкие серые линии с отметками
Бровка террасы	Жирная пунктирная линия
Тыловой шов террасы	Штрих-пунктирная линия
Крутой склон (обрыв)	Зубчатая линия
Овраг, промоина	V-образные знаки
Вершина, характерная точка	Точка с отметкой

Таблица 5. Условные обозначения для гидрогеологии

Элемент	Обозначение
Уровень грунтовых вод (УГВ)	Синяя пунктирная линия
Интервал колебаний УГВ	Две синие пунктирные линии
Верховодка	Синяя штрих-пунктирная линия
Напорный уровень	Синяя линия со стрелкой
Водоносный слой	Синяя заливка или частые синие точки

5. Порядок выполнения работы

5.1. Построение геоморфологического разреза (профиля рельефа)

1. Выбор линии разреза:

– На топографической карте провести линию разреза согласно заданию.

– Обозначить начальную и конечную точки (например, I и I').

– Определить абсолютные отметки начальной и конечной точек.

2. Построение профиля рельефа:

– На миллиметровой бумаге построить оси координат: горизонтальная – расстояние (м), вертикальная – абсолютная высота (м).

– Выбрать масштабы:

▪ Горизонтальный масштаб соответствует масштабу карты.

▪ Вертикальный масштаб рекомендуется принимать в 5–10 раз крупнее горизонтального для выразительности рельефа.

– Нанести на горизонтальную ось пикеты (точки пересечения линии разреза с горизонталями и характерными точками рельефа).

– Для каждого пикета определить расстояние от начала разреза и абсолютную отметку.

– Нанести точки на профиль и соединить их плавной линией.

3. Оформление геоморфологического разреза:

– Подписать абсолютные отметки характерных точек.

– Выделить элементы рельефа (террасы, склоны, водоразделы).

– Нанести ориентацию линии разреза (например, "Разрез по линии I-I'").

– Указать масштабы горизонтальный и вертикальный.

5.2. Нанесение данных инженерно-геологических скважин

1. Определение положения скважин на профиле:

– Найти на топографической карте точки заложения скважин (по координатам).

– Спроецировать скважины на линию разреза (перпендикулярно линии разреза).

– Определить расстояние от начала разреза до проекции каждой скважины.

– Нанести на геоморфологический разрез вертикальные линии в местах расположения скважин.

2. Построение колонок скважин:

– От линии рельефа вниз отложить глубину скважины в вертикальном масштабе.

– Разделить колонку на слои согласно описанию разреза.

– Для каждого слоя указать:

▪ Литологический тип породы (штриховкой или цветом)

▪ Индекс слоя

▪ Границы слоя (абсолютные отметки кровли и подошвы)

3. Увязка границ слоев:

- Соединить границы одноименных слоев между скважинами плавными линиями.
- Учитывать геологические законы: слои могут выклиниваться, фациально замещаться, иметь тектонические нарушения.
- При отсутствии данных между скважинами границы проводить интерполяцией.

5.3. Построение геологического разреза

1. Выделение геологических тел:

- Объединить участки с одинаковыми породами в геологические тела.
- Провести границы между различными литологическими разностями.
- Обозначить индексы слоев.

2. Нанесение гидрогеологических данных:

- Определить уровень грунтовых вод по данным скважин (если указан).
- Нанести УГВ на разрез синей пунктирной линией.
- При наличии нескольких водоносных горизонтов показать их отдельно.

3. Оформление геологического разреза:

- Заштриховать или раскрасить слои согласно условным обозначениям.
- Нанести литологические индексы в центре каждого слоя.
- Подписать абсолютные отметки границ слоев в скважинах.
- Указать возраст пород (если имеются данные).

5.4. Итоговое оформление разреза

1. Заголовок разреза:

- "Геоморфологический и геологический разрез по линии I-I"
- Масштабы: горизонтальный 1:, *вертикальный 1:*

2. Условные обозначения:

- Составить таблицу условных обозначений всех пород, встреченных на разрезе.
- Показать обозначения уровней грунтовых вод.

3. Дополнительная информация:

- Абсолютные отметки устьев скважин.
- Расстояния между скважинами.
- Ориентировка разреза (азимут или направления: С-Ю, З-В).

6. Требования к оформлению разреза

1. Разрез выполняется на листе миллиметровой бумаги формата А3 или А2.
2. Все построения выполняются простым карандашом, окончательный вариант обводится черной гелевой ручкой.
3. Литологические слои раскрашиваются цветными карандашами согласно таблице 3.
4. Все надписи выполняются чертежным шрифтом.

5. Разрез должен содержать:

- Заголовок
- Масштабную линейку
- Условные обозначения
- Линию рельефа
- Колонки скважин
- Геологические границы
- Уровень грунтовых вод
- Индексы слоев

7. Состав отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Копию топографической карты с нанесенной линией разреза и точками скважин.

3. Геоморфологический и геологический разрез на миллиметровой бумаге (формат А3 или А2).

4. Таблицу данных скважин (Форма 1).

Форма 1. Сводная таблица данных скважин

№ скв.	Абс. отметка устья, м	Глубина, м	Описание разреза	Абс. отметка УГВ, м
1				
2				
...				

5. Пояснительную записку с описанием:

- Характеристики рельефа по линии разреза
- Геологического строения (последовательность слоев, их мощность)
- Гидрогеологических условий (глубина залегания УГВ, водоносные горизонты)

6. Выводы по работе:

- Особенности геологического строения участка
- Благоприятные и неблагоприятные факторы для строительства
- Рекомендации по учету геологических условий при проектировании

8. Контрольные вопросы

1. Что такое геоморфологический разрез и какова его роль в инженерной геологии?

2. Как выбирается масштаб вертикальный и горизонтальный при построении разрезов?

3. Какие методы используются для определения абсолютных отметок точек на профиле?

4. Как наносятся данные скважин на геологический разрез?

5. Каким образом проводится корреляция слоев между скважинами?

6. Как на разрезе обозначаются различные типы горных пород?

7. Что такое уровень грунтовых вод и как он показывается на разрезе?

8. Какие ошибки наиболее часто встречаются при построении геологических разрезов?

9. Как по геологическому разрезу определить условия залегания грунтовых вод?

10. Для каких целей используются геологические разрезы в строительстве?

Практическое занятие № 4

Построение карты гидроизогипс по данным геологоразведки

Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков построения карт гидроизогипс по данным замеров уровня грунтовых вод в наблюдательных скважинах, освоение методов интерполяции и экстраполяции гидрогеологических данных, определение направления потока подземных вод и гидравлического градиента, а также формирование умений интерпретировать гидрогеологическую информацию для решения инженерно-строительных задач.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для построения карты гидроизогипс

№ вар.	Масштаб плана	Сечение рельефа, м	Количество скважин	Размер участка, м	Форма рельефа	Наличие водоема
1	1:2000	1,0	12	400×300	Равнина с уклоном на юг	Река на южной границе
2	1:5000	2,0	15	600×500	Холмистая	Озеро в центре
3	1:2000	1,0	10	350×250	Равнина с уклоном на восток	Ручей на востоке
4	1:5000	2,5	18	700×600	Террасированная	Река с севера на юг
5	1:1000	0,5	8	200×150	Равнина с уклоном на запад	Пруд на западе
6	1:2000	1,0	14	450×350	Котловина	Болото в центре
7	1:5000	2,0	16	650×500	Равнина с уклоном на север	Озеро на севере
8	1:1000	0,5	9	250×200	Возвышенность	Река в 200 м от участка
9	1:2000	1,0	13	400×300	Равнина с уклоном на юго-	Ручей на юго-

					ВОСТОК	востоке
10	1:5000	2,0	17	600×550	Холмистая ложбинами	с Река извилистая

Таблица 2. Данные замеров уровня грунтовых вод в скважинах

№ вар. 1	X, м	Y, м	Абс. отметка устья, м	Глубина до УГВ, м	Абс. отметка УГВ, м	Дата замера
Скв. 1	50	250	156,8	2,5	154,3	15.05
Скв. 2	120	280	157,2	2,8	154,4	15.05
Скв. 3	200	290	157,5	3,0	154,5	15.05
Скв. 4	280	270	157,0	2,4	154,6	15.05
Скв. 5	330	220	156,5	1,8	154,7	15.05
Скв. 6	300	150	156,0	1,2	154,8	15.05
Скв. 7	220	120	155,8	0,9	154,9	15.05
Скв. 8	150	100	156,2	1,2	155,0	15.05
Скв. 9	80	130	156,5	1,4	155,1	15.05
Скв. 10	40	180	156,8	2,0	154,8	15.05
Скв. 11	100	200	156,9	2,1	154,8	15.05
Скв. 12	180	180	156,5	1,6	154,9	15.05

Таблица 3. Данные замеров уровня воды в открытых водоемах (для варианта 1)

Водоем	X, м	Y, м	Абс. отметка уреза воды, м	Дата замера
Река (точка 1)	350	50	154,2	15.05
Река (точка 2)	400	200	153,8	15.05
Река (точка 3)	380	300	153,5	15.05

Примечание: Для остальных вариантов данные скважин выдаются преподавателем дополнительно в соответствии с вариантом.

3. Оборудование и материалы

1. Миллиметровая бумага (формат А3 или А2)
 2. Линейка металлическая (30–50 см)
 3. Угольник чертежный
 4. Транспорт
 5. Простой карандаш (твердость Т, ТМ, М)
 6. Цветные карандаши (синий, голубой, красный)
 7. Ластик
 8. Циркуль-измеритель
 9. Масштабная линейка
 10. Калька (для построения вспомогательных линий)
4. Условные обозначения для карты гидроизогипс

Таблица 4. Условные обозначения

Элемент	Обозначение	Цвет
Гидроизогипсы (основные)	Сплошные тонкие линии	Синий
Гидроизогипсы (дополнительные, через 0,5 сечения)	Пунктирные линии	Синий
Отметки гидроизогипс	Цифры в разрыве	Синий

	линии	
Направление потока подземных вод	Стрелки	Синий
Скважина	Кружок с точкой в центре	Черный
Номер скважины	Цифра рядом с кружком	Черный
Отметка УГВ в скважине	Цифра под номером	Синий
Река, озеро, водоем	Контур с синей заливкой	Синий
Отметка уреза воды	Цифра у водоема	Синий
Горизонтالي рельефа	Тонкие коричневые линии	Коричневый
Отметки горизонталей	Цифры в разрыве	Коричневый
Граница участка	Жирная черная линия	Черный

5. Порядок выполнения работы

5.1. Подготовительный этап

1. На листе миллиметровой бумаги построить координатную сетку в масштабе согласно варианту.

2. Нанести границы участка (прямоугольник заданных размеров).

3. Нанести ситуационный план:

– Реки, озера, пруды (по данным варианта)

– Отметки урезов воды

– Горизонтали рельефа (при наличии)

4. Нанести точки расположения наблюдательных скважин по координатам X, Y.

5.2. Нанесение данных замеров

1. Для каждой скважины подписать:

– Номер скважины (слева от точки)

– Абсолютную отметку уровня грунтовых вод (справа от точки) – рассчитать как разность отметки устья и глубины до УГВ

2. Вычислить абсолютные отметки УГВ по формуле:

$$H_{\text{УГВ}} = H_{\text{устья}} - h_{\text{УГВ}}$$

3. Проверить правильность вычислений:

– Отметки УГВ должны быть логично связаны с рельефом

– Вблизи водоемов отметки УГВ должны быть близки к отметкам урезов воды

5.3. Интерполяция значений

1. Определить минимальное и максимальное значение отметок УГВ на участке.

2. Выбрать сечение гидроизогипис (шаг изолиний) – рекомендуется 0,5 м или 1,0 м в зависимости от диапазона отметок.

3. Выполнить интерполяцию между скважинами методом пропорционального деления:

– Соединить прямыми линиями близлежащие скважины

– На каждом отрезке определить точки с отметками, кратными сечению

- Использовать формулу линейной интерполяции
- 4. Интерполяцию выполнять между всеми парами скважин, расстояние между которыми не превышает 100 м в масштабе карты.

5.4. Построение гидроизогипс

1. Провести гидроизогипсы плавными линиями через точки с одинаковыми отметками, полученными при интерполяции.

2. Начинать с минимальной отметки, последовательно переходя к максимальной.

3. Соблюдать правила проведения изолиний:

- Гидроизогипсы не должны пересекаться
- Гидроизогипсы не должны раздваиваться
- Гидроизогипсы должны быть плавными
- Гидроизогипсы могут пересекать реки под острым углом (поток направлен к реке)

– Гидроизогипсы должны быть перпендикулярны направлению потока

4. Подписать отметки гидроизогипс в разрывах линий (цифры располагаются верхом к повышению отметок).

5.5. Определение направления потока подземных вод

1. Направление потока определяется по нормали к гидроизогипсам в сторону уменьшения отметок.

2. Нанести стрелки направления потока:

- Не менее 5–7 стрелок равномерно по площади
- Стрелки должны быть перпендикулярны гидроизогипсам
- Длина стрелок – около 1 см

3. Определить основные направления движения подземных вод (к реке, к озеру, к понижению рельефа).

5.6. Расчет гидравлического градиента

1. Выбрать два характерных участка с разным направлением потока.

2. Для каждого участка:

- Выбрать две соседние гидроизогипсы
- Измерить расстояние между ними по направлению потока (L , м)
- Определить разность отметок (ΔH , м)
- Рассчитать гидравлический градиент: $i = \Delta H / L$

3. Занести результаты в таблицу.

5.7. Окончательное оформление карты

1. Обвести гидроизогипсы синим цветом (основные – сплошные, дополнительные – пунктирные).

2. Подписать отметки гидроизогипс синим цветом.

3. Нанести стрелки направления потока синим цветом.

4. Оформить зарамочные надписи:

- Название карты: "Карта гидроизогипс участка _____"
- Масштаб
- Сечение гидроизогипс
- Условные обозначения

- Дата составления
- ФИО составителя
- 6. Требования к оформлению карты
 1. Карта выполняется на листе миллиметровой бумаги формата А3 или А2.
 2. Все построения выполняются простым карандашом, окончательный вариант обводится:
 - Гидроизогипсы – синей гелевой ручкой
 - Скважины – черной гелевой ручкой
 - Горизонтالي – коричневым карандашом
 - Водоемы – синей заливкой
 3. Карта должна содержать:
 - Заголовок
 - Масштабную линейку
 - Сетку координат
 - Скважины с номерами и отметками УГВ
 - Гидроизогипсы с отметками
 - Стрелки направления потока
 - Водоемы (если есть)
 - Условные обозначения
 - Рамку и штамп
- 7. Состав отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Карту гидроизогипс на миллиметровой бумаге (формат А3 или А2).
3. Таблицу исходных данных (Форма 1).

Форма 1. Данные наблюдательных скважин

№ скв.	Координаты, м	Абс. отметка устья, м	Глубина до УГВ, м	Абс. отметка УГВ, м
1				
2				
...				

4. Расчеты интерполяции (представить в виде таблицы или схемы).
5. Расчет гидравлического градиента (Форма 2).

Форма 2. Расчет гидравлического градиента

Участок	Направление	ΔH , м	L, м	Гидравлический градиент i
1				
2				

6. Выводы по работе:
 - Характер поверхности грунтовых вод (уклон, наличие депрессионных воронок, зон разгрузки)
 - Направление движения подземных вод
 - Величина гидравлического градиента
 - Связь грунтовых вод с поверхностными водоемами
 - Оценка условий обводненности участка для строительства

8. Контрольные вопросы

1. Что такое гидроизогипсы и для чего они используются в инженерной геологии?
2. Как определить абсолютную отметку уровня грунтовых вод в скважине?
3. Какие методы интерполяции применяются при построении карт гидроизогипс?
4. Почему гидроизогипсы не должны пересекаться?
5. Как определить направление потока подземных вод по карте гидроизогипс?
6. Что такое гидравлический градиент и как его рассчитать?
7. Как на карте гидроизогипс отражается связь грунтовых вод с рекой?
8. Какие факторы влияют на форму поверхности грунтовых вод?
9. Для каких целей используется карта гидроизогипс в строительстве?
10. Как часто необходимо обновлять карты гидроизогипс и почему?

Практическое занятие № 5

Ознакомление с эксплуатационно - техническими характеристиками кровельных гидроизоляционных материалов

Цель работы

Целью работы является ознакомление с номенклатурой современных кровельных гидроизоляционных материалов, изучение их эксплуатационно-технических характеристик, приобретение навыков анализа свойств материалов и обоснованного выбора гидроизоляции для различных типов кровель и условий эксплуатации.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ ва р.	Тип кровли	Укло н кровл и, °	Район строитель ства	Температурн ый режим	Назначение здания	Особые условия
1	Плоская эксплуатируемая	1,5	Москва	Умеренный	Торговый центр	Интенсивные нагрузки
2	Скатная (металлочерепица)	25	Санкт-Петербург	Умеренно-влажный	Жилой коттедж	Высокие снеговые нагрузки
3	Плоская неэксплуатируемая	2	Краснодар	Теплый влажный	Промышленное здание	Высокая инсоляция
4	Скатная (мягкая черепица)	30	Екатеринбург	Континентальный	Многоквартирный дом	Перепады температур
5	Плоская инверсионная	2,5	Новосибирск	Холодный	Подземный паркинг	Морозостойкость
6	Скатная	15	Сочи	Субтропичес	Ресторан	Агрессивная

	(фальцевая)			кий		среда
7	Плоская зеленая	2	Казань	Умеренный	Офисное здание	Корнезащита
8	Скатная (асбестоцементная)	35	Якутск	Резко-континентальный	Складское помещение	Экстремальные морозы
9	Плоская с механическим креплением	1	Ростов-на-Дону	Теплый	Спортивный комплекс	Ветровые нагрузки
10	Скатная (композитная)	20	Владивосток	Муссонный	Административное здание	Высокая влажность

3. Перечень материалов для исследования

Таблица 2. Кровельные гидроизоляционные материалы

№	Наименование материала	Тип	Основа	Защитный слой	Толщина, мм
1	Рубероид РКК-350	Рулонный наплавляемый	Картон	Крупнозернистая посыпка	3,5
2	Рубероид РПП-300	Рулонный подкладочный	Картон	Пылевидная посыпка	3,0
3	Пергамин П-350	Рулонный беспокровный	Картон	Отсутствует	3,5
4	Стеклорубероид С-РК	Рулонный наплавляемый	Стеклоткань	Крупнозернистая посыпка	4,0
5	Стеклорубероид С-РЧ	Рулонный наплавляемый	Стеклохолст	Чешуйчатая посыпка	3,5
6	Техноэласт ЭКП	Битумно-полимерный	Полиэстер	Сланцевая посыпка	4,2
7	Техноэласт ЭПП	Битумно-полимерный	Полиэстер	Полимерная пленка	3,5
8	Унифлекс ЭКП	Битумно-полимерный	Полиэстер	Сланцевая посыпка	3,7
9	Линокром ХПП	Битумно-полимерный	Полиэстер	Полимерная пленка	3,0
10	Биполь ХПП	Битумно-полимерный	Стеклохолст	Полимерная пленка	3,0
11	Бикрост ХПП	Битумный	Стеклохолст	Полимерная пленка	3,0
12	Эластобит П	Полимерная мембрана (ПВХ)	Отсутствует	Отсутствует	1,5
13	Эластобит Т	Полимерная мембрана (ТПО)	Отсутствует	Отсутствует	1,8
14	Моноплан	Полимерная мембрана (ЭПДМ)	Отсутствует	Отсутствует	2,0
15	Гидроизол	Рулонный беспокровный	Асбестовая бумага	Отсутствует	2,5
16	Фольгоизол	Рулонный фольгированный	Стеклохолст	Фольга алюминиевая	2,5
17	Мастика битумная	Обмазочная холодная	Отсутствует	Отсутствует	–
18	Мастика	Обмазочная	Отсутствует	Отсутствует	–

	полимерная				
19	Гидроизоляционная лента	Самоклеящаяся	Бутилкаучук	Отсутствует	1,2
20	Наплавляемый материал с голографической защитой	Битумно-полимерный	Полиэстер	Голографическая посыпка	4,5

4. Характеристики материалов

Таблица 3. Эксплуатационно-технические характеристики (примерные значения)

Материал	Разрывная сила, Н/50мм	Гибкость на брусе, °С	Теплостойкость, °С	Водопоглощение, %	Масса 1 м ² , кг
Рубероид РКК-350	350	+5	70	2,5	3,5
Рубероид РПП-300	300	+5	70	3,0	3,0
Пергамин П-350	350	+5	60	4,0	3,5
Стеклорубероид С-РК	600	0	80	1,5	4,0
Стеклорубероид С-РЧ	500	0	80	1,8	3,5
Техноэласт ЭКП	1000	-25	100	0,5	5,0
Техноэласт ЭПП	1000	-25	100	0,5	4,2
Унифлекс ЭКП	800	-15	95	0,8	4,5
Линокром ХПП	600	-10	85	1,2	3,8
Биполь ХПП	500	-10	85	1,5	3,5
Бикрост ХПП	400	-5	80	2,0	3,2
ПВХ мембрана	1200	-50	120	0,1	1,8
ТПО мембрана	1300	-60	130	0,1	2,0
ЭПДМ мембрана	1100	-50	140	0,1	2,2
Гидроизол	250	+5	65	4,5	2,5
Фольгоизол	450	-10	90	0,5	2,8

Таблица 4. Климатические параметры районов строительства

Город	Средняя температура января, °С	Средняя температура июля, °С	Годовая норма осадков, мм	Снеговой район	Ветровой район
Москва	-10	+18	600	III	I
Санкт-Петербург	-8	+17	650	III	II
Краснодар	-2	+24	550	II	III
Екатеринбург	-16	+18	500	IV	II
Новосибирск	-19	+19	450	IV	III
Сочи	+6	+23	1400	II	IV
Казань	-13	+19	500	III	II
Якутск	-38	+19	200	V	I
Ростов-на-Дону	-5	+23	500	II	III
Владивосток	-14	+19	800	III	IV

5. Оборудование и материалы

1. Образцы кровельных гидроизоляционных материалов (10–12 наименований)

2. Лупа биноклярная или ручная (10×)
3. Микрометр или толщиномер (0–10 мм)
4. Линейка металлическая (300 мм)
5. Весы лабораторные с точностью до 0,1 г
6. Термометр (до +100 °С)
7. Морозильная камера (до -30 °С)
8. Емкость с водой
9. Секундомер
10. Ножницы, нож канцелярский
11. Цилиндр мерный (100–250 мл)
12. Термостат или сушильный шкаф

6. Порядок выполнения работы

6.1. Изучение номенклатуры и маркировки материалов

1. Получить у преподавателя набор образцов материалов согласно заданию.

2. Для каждого образца определить:

- Наименование и марку материала
- Тип основы (картон, стеклохолст, стеклоткань, полиэстер, безосновный)

○ Вид защитного слоя (крупнозернистая, мелкозернистая, пылевидная, фольга, пленка)

○ Наличие самоклеящегося слоя

3. Заполнить графы 1–4 таблицы 5.

6.2. Определение геометрических параметров

1. Измерить толщину каждого образца микрометром в 5 точках, вычислить среднее значение.

2. Вырезать образцы размером 100×100 мм для определения массы и водопоглощения.

3. Взвесить образцы на лабораторных весах с точностью до 0,1 г.

4. Рассчитать массу 1 м² материала.

5. Заполнить графы 5–6 таблицы 5.

6.3. Определение водопоглощения

1. Взвесить сухие образцы (размером 100×100 мм).

2. Поместить образцы в емкость с водой комнатной температуры на 24 часа.

3. Извлечь образцы, промокнуть фильтровальной бумагой.

4. Повторно взвесить образцы.

5. Рассчитать водопоглощение по формуле:

$$W = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\%$$

где m_1 – масса сухого образца, г; m_2 – масса влажного образца, г.

6. Заполнить графу 7 таблицы 5.

6.4. Оценка гибкости (эластичности)

1. Вырезать полоски материалов размером 50×20 мм.
2. Поместить образцы в морозильную камеру на 30 минут при температуре -20 °С.
3. Извлечь образец и быстро (не более 5 секунд) изогнуть его вокруг стержня диаметром 10 мм, 20 мм, 30 мм на 180°.
4. Визуально оценить появление трещин в месте изгиба.
5. Отметить минимальный диаметр стержня, при котором не появляются трещины.
6. Заполнить графу 8 таблицы 5.

6.5. Оценка теплостойкости

1. Поместить образцы материалов в термостат, нагретый до +70 °С или +100 °С (в зависимости от типа материала).
2. Выдержать в течение 2 часов.
3. Визуально оценить:
 - Появление потеков вяжущего
 - Сплывание посыпки
 - Изменение цвета и структуры
4. Оценить теплостойкость по 5-балльной шкале (5 – отлично, 1 – неудовлетворительно).
5. Заполнить графу 9 таблицы 5.

6.6. Определение области применения

На основе полученных характеристик и климатических условий района строительства определить для каждого материала:

1. Возможность применения на заданном типе кровли (с учетом уклона).
2. Соответствие климатическим условиям (морозостойкость, теплостойкость).
3. Целесообразность применения для данного назначения здания.
4. Рекомендуемый слой кровельного ковра (верхний, нижний, подкладочный).

Заполнить графы 10–11 таблицы 5.

6.7. Анализ результатов и выбор оптимального материала

1. Сравнить характеристики исследованных материалов.
2. Выбрать 2–3 материала, наиболее подходящих для заданных условий.
3. Обосновать выбор с учетом эксплуатационных требований и климатических условий.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Заполненную таблицу результатов исследований (Форма 1).

Форма 1. Эксплуатационно-технические характеристики материалов

№	Наименование материала	Тип основы	Защитный слой	Толщина, мм	Масса 1 м ² , кг	Водопоглощение, %	Гибкость при -20°С, мм	Теплостойкость (баллы)	Рекомендуемая область применения	Примечание
1										
2										
..										
.										

4. Сравнительный анализ материалов (Форма 2).

Форма 2. Сравнительный анализ материалов

Показатель	Материал наилучшим показателем	с	Значение	Материал наихудшим показателем	с	Значение
Теплостойкость						
Морозостойкость (гибкость)						
Водопоглощение (min)						
Прочность (косвенно)						

5. Выбор оптимального материала для заданных условий (Форма 3).

Форма 3. Обоснование выбора материала

Требование	Значение/характеристика	Выбранный материал	Соответствие
Тип кровли			
Уклон кровли			
Климатические условия			
Особые требования			
Итоговое решение			

6. Выводы по работе:

- Краткая характеристика исследованных материалов
- Соответствие выбранного материала заданным условиям
- Рекомендации по применению

8. Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются кровельные гидроизоляционные материалы?

2. Какие показатели характеризуют морозостойкость кровельных материалов?

3. Как определяется гибкость материала на бруске и что она показывает?

4. Какие материалы имеют наилучшую теплостойкость и почему?

5. Чем отличаются материалы на картонной основе от материалов на стеклооснове?

6. Какие материалы рекомендуется применять для плоских эксплуатируемых кровель?

7. Как влияет климат района строительства на выбор кровельного материала?

8. Для чего на поверхность рубероида наносят минеральную посыпку?

9. Какие материалы предпочтительнее для кровель с большим уклоном?

10. Каковы преимущества полимерных мембран перед битумными материалами?

Практическое занятие № 6

Ознакомление с эксплуатационно - техническими характеристиками теплоизоляционных материалов

Цель работы

Целью работы является ознакомление с номенклатурой современных теплоизоляционных материалов, изучение их эксплуатационно-технических характеристик, освоение методов определения плотности, теплопроводности, водопоглощения и прочностных показателей, приобретение навыков анализа свойств материалов и обоснованного выбора теплоизоляции для различных конструкций и условий эксплуатации .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Тип конструкции	Район строительства	Температурный режим	Влажностный режим	Особые требования	Дополнительные условия
1	Наружные стены	Москва	Умеренный	Нормальный	Экологичность	Кирпичное здание
2	Кровля скатная	Санкт-Петербург	Умеренно-влажный	Влажный	Негорючесть	Деревянные конструкции
3	Перекрытие над подвалом	Краснодар	Теплый	Влажный	Биостойкость	Высокий уровень грунтовых вод
4	Мансардная кровля	Екатеринбург	Холодный	Нормальный	Паропроницаемость	Жилое помещение
5	Фасад вентилируемый	Новосибирск	Холодный	Нормальный	Ветрозащита	Многоэтажное здание
6	Пол по грунту	Сочи	Теплый влажный	Влажный	Высокая прочность	Промышленное здание
7	Плоская кровля	Казань	Умеренный	Нормальный	Сжимаемость	Эксплуатируемая кровля
8	Внутреннее утепление стен	Якутск	Резко-континентальный	Сухой	Минимальная толщина	Историческое здание
9	Фундамент	Ростов-на-Дону	Теплый	Влажный	Морозостойкость	Пучинистые грунты
10	Каркасные стены	Владивосток	Муссонный	Влажный	Легкость	Сейсмоопасный район

3. Перечень материалов для исследования

Таблица 2. Теплоизоляционные материалы

№	Наименование материала	Тип	Форма поставки	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·К)
1	Минеральная вата (плита)	Неорганическая	Плита	125	0,045
2	Минеральная вата (мат)	Неорганическая	Мат	75	0,048
3	Стекловата	Неорганическая	Рулон	50	0,052
4	Пенополистирол ПСБ-С-25	Органическая	Плита	25	0,038
5	Пенополистирол ПСБ-С-35	Органическая	Плита	35	0,040
6	Экструзионный пенополистирол XPS	Органическая	Плита	35	0,032
7	Пенополиуретан (жесткий)	Органическая	Плита	40	0,030
8	Пеностекло	Неорганическая	Плита	150	0,060
9	Вспученный вермикулит	Неорганическая	Сыпучий	150	0,080
10	Вспученный перлит	Неорганическая	Сыпучий	100	0,070
11	Пеноизол (карбамидный пенопласт)	Органическая	Заливной	15	0,040
12	Эковата (целлюлозная вата)	Органическая	Задувная	45	0,042
13	Пенополиэтилен НПЭ	Органическая	Рулон	30	0,045
14	Фольгированный утеплитель	Комбинированный	Рулон	40	0,040
15	Арболит	Органическая	Блок	600	0,120
16	Фибролит	Органическая	Плита	400	0,100
17	Керамзитовый гравий	Неорганическая	Сыпучий	400	0,120
18	Газобетон автоклавный	Неорганическая	Блок	400	0,110
19	Пенобетон	Неорганическая	Блок	500	0,140
20	Базальтовая вата повышенной жесткости	Неорганическая	Плита	180	0,050

4. Характеристики материалов (подробные)

Таблица 3. Эксплуатационно-технические характеристики теплоизоляционных материалов

Материал	Прочность на сжатие при 10% деформации, МПа	Водопоглощение за 24 ч, % по объему	Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	Горючесть	Температура применения, °С

Минеральная вата (плита)	0,03	1,5	0,50	НГ	-60...+400
Минеральная вата (мат)	0,01	2,0	0,55	НГ	-60...+400
Стекловата	0,01	2,5	0,60	НГ	-50...+300
Пенополистирол ПСБ-С-25	0,08	2,0	0,05	Г3	-50...+75
Пенополистирол ПСБ-С-35	0,12	1,5	0,05	Г3	-50...+75
Экструзионный пенополистирол	0,30	0,2	0,02	Г3	-50...+75
Пенополиуретан	0,15	1,0	0,05	Г2	-60...+120
Пеностекло	0,80	0,5	0,00	НГ	-200...+500
Вспученный вермикулит	–	20,0	0,30	НГ	-200...+900
Вспученный перлит	–	25,0	0,35	НГ	-200...+800
Пеноизол	0,02	10,0	0,10	Г2	-50...+100
Эковата	0,01	15,0	0,50	Г2	-50...+100
Пенополиэтилен	0,02	0,5	0,001	Г2	-40...+70
Фольгированный утеплитель	–	0,5	0,001	Г2	-40...+80
Арболит	0,50	40,0	0,30	Г1	-40...+100
Фибролит	0,30	30,0	0,25	Г1	-40...+100
Керамзитовый гравий	–	15,0	0,25	НГ	-50...+800
Газобетон	2,50	25,0	0,20	НГ	-60...+400
Пенобетон	1,50	20,0	0,18	НГ	-60...+400
Базальтовая вата	0,10	1,0	0,45	НГ	-60...+600

Таблица 4. Климатические параметры районов строительства

Город	Средняя температура января, °С	Средняя температура июля, °С	Продолжительность отопительного периода, сут	Средняя температура отопительного периода, °С	Зона влажности
Москва	-10	+18	214	-3,1	Нормальная
Санкт-	-8	+17	220	-2,2	Влажная

Петербург					
Краснодар	-2	+24	149	+2,1	Влажная
Екатеринбург	-16	+18	231	-6,1	Нормальная
Новосибирск	-19	+19	235	-8,2	Сухая
Сочи	+6	+23	133	+5,3	Влажная
Казань	-13	+19	220	-5,3	Нормальная
Якутск	-38	+19	280	-20,1	Сухая
Ростов-на-Дону	-5	+23	171	-1,5	Сухая
Владивосток	-14	+19	210	-4,8	Влажная

5. Оборудование и материалы

1. Образцы теплоизоляционных материалов (10–12 наименований)
2. Лупа бинокулярная или ручная (10×)
3. Микрометр или толщиномер (0–50 мм)
4. Линейка металлическая (300–500 мм)
5. Штангенциркуль
6. Весы лабораторные с точностью до 0,1 г
7. Прибор для определения теплопроводности (учебный стенд)
8. Приспособление для определения прочности на сжатие
9. Емкость с водой
10. Секундомер
11. Сушильный шкаф
12. Морозильная камера (до -30 °С)
13. Ножницы, нож канцелярский
14. Цилиндр мерный (250–500 мл)

6. Порядок выполнения работы

6.1. Изучение номенклатуры и классификации материалов

1. Получить у преподавателя набор образцов материалов согласно заданию (не менее 8 образцов из таблицы 2).
2. Для каждого образца определить:
 - Наименование материала
 - Тип сырья (органический, неорганический, смешанный)
 - Структуру (волокнистая, ячеистая, зернистая, сыпучая)
 - Форму поставки (плита, мат, рулон, сыпучий)
3. Заполнить графы 1–4 таблицы 5.

6.2. Определение геометрических параметров и плотности

1. Измерить длину, ширину и толщину каждого образца штангенциркулем (для сыпучих материалов используется мерный цилиндр).
2. Измерения провести не менее чем в 3 точках, вычислить средние значения.
3. Вычислить объем образца:

$$V = a \times b \times h, \text{ м}^3 \text{ (для плитных материалов)}$$

$$V = \pi \times d^2 / 4 \times h, \text{ м}^3 \text{ (для цилиндрических образцов)}$$

4. Взвесить каждый образец на лабораторных весах.

5. Рассчитать плотность материала:

$$\rho = m / V, \text{ кг/м}^3$$

6. Заполнить графы 5–6 таблицы 5.

6.3. Определение водопоглощения

1. Взвесить сухие образцы (размером не менее 100×100 мм).

2. Поместить образцы в емкость с водой комнатной температуры на 2 часа.

3. Извлечь образцы, дать стечь воде (1–2 мин), промокнуть фильтровальной бумагой.

4. Повторно взвесить образцы.

5. Рассчитать водопоглощение по массе:

$$W = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\%$$

6. Заполнить графу 7 таблицы 5.

6.4. Оценка прочности при сжатии (для жестких материалов)

1. Установить образец (пенополистирол, минераловатную жесткую плиту, экструзионный пенополистирол) на плиту прессы.

2. Плавню нагрузить образец до 10% линейной деформации.

3. Зафиксировать нагрузку Р (Н).

4. Рассчитать прочность при 10% деформации:

$$\sigma_{10} = P / A, \text{ МПа}$$

где А – площадь образца, мм².

5. Заполнить графу 8 таблицы 5.

6.5. Оценка теплопроводности (сравнительный метод)

1. Используя демонстрационный прибор (учебный стенд), создать стационарный тепловой поток через образец.

2. Измерить температуру на горячей и холодной поверхностях образца.

3. При известной толщине образца и перепаде температур оценить теплопроводность.

4. Сравнить с табличными значениями (таблица 2) и отнести материал к классу теплопроводности:

○ Класс А (низкая теплопроводность) – до 0,06 Вт/(м·К)

○ Класс Б (средняя) – 0,06–0,115 Вт/(м·К)

○ Класс В (повышенная) – 0,115–0,175 Вт/(м·К)

5. Заполнить графу 9 таблицы 5.

6.6. Оценка паропроницаемости и горючести (по справочным данным)

1. Используя таблицу 3, определить для каждого материала:

– Коэффициент паропроницаемости

– Группу горючести

2. Заполнить графы 10–11 таблицы 5.

6.7. Определение области применения

На основе полученных характеристик и условий эксплуатации определить для каждого материала:

1. Возможность применения в заданной конструкции.
2. Соответствие климатическим условиям.
3. Соответствие противопожарным требованиям.
4. Необходимость защиты от увлажнения.

Заполнить графу 12 таблицы 5.

6.8. Выбор оптимального материала для заданных условий

1. Составить перечень требований к теплоизоляционному материалу для заданной конструкции и климатических условий.
2. Сравнить характеристики исследованных материалов с требованиями.
3. Выбрать 2–3 материала, наиболее подходящих для заданных условий.
4. Обосновать выбор с учетом всех эксплуатационных требований.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Заполненную таблицу результатов исследований (Форма 1).

Форма 1. Эксплуатационно-технические характеристики материалов

№	Наименование материала	Тип сырья	Структура	Форма	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность при 10% деф., МПа	Класс теплопроводности	Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	Горючесть	Рекомендуемая область применения
1											
2											
.											
.											
.											

4. Сравнительный анализ материалов (Форма 2).

Форма 2. Сравнительный анализ материалов

Показатель	Материал с наилучшим показателем	Значение	Материал с худшим показателем	Значение
Наименьшая теплопроводность				
Наименьшее водопоглощение				
Наибольшая прочность				
Наилучшая паропроницаемость				
Наименьшая плотность				

5. Выбор оптимального материала для заданных условий (Форма 3).

Форма 3. Обоснование выбора материала

Требование	Значение/характеристика	Выбранный материал	Соответствие
Тип конструкции			

Требуемая теплопроводность	≤		
Ограничения по горючести			
Ограничения по влажности			
Требования к прочности			
Итоговое решение			

6. Выводы по работе:
- Краткая характеристика исследованных материалов
 - Соответствие выбранного материала заданным условиям
 - Рекомендации по применению с учетом конструктивных особенностей
 - Мероприятия по защите теплоизоляции в конструкции
8. Контрольные вопросы
1. По каким признакам классифицируются теплоизоляционные материалы?
 2. Как связаны плотность и теплопроводность материала?
 3. Какие материалы имеют наименьшую теплопроводность?
 4. Почему увлажнение резко увеличивает теплопроводность теплоизоляции?
 5. Какие материалы являются негорючими и могут применяться без ограничений?
 6. Чем отличаются материалы на органической и неорганической основе?
 7. Для каких конструкций требуется высокая прочность теплоизоляции?
 8. Что такое паропроницаемость и для каких конструкций она важна?
 9. Какие материалы лучше применять для утепления фасадов?
 10. Как выбрать теплоизоляцию для кровли с учетом климатических условий?

Практическое занятие № 7

Ознакомление со строительными смесями и листовыми материалами на основе гипсовых вяжущих

Цель работы

Целью работы является ознакомление с номенклатурой строительных смесей и листовых материалов на основе гипсовых вяжущих, изучение их состава, свойств и области применения, освоение методов определения

физико-механических характеристик гипсовых материалов, приобретение навыков анализа свойств и обоснованного выбора материалов для различных условий эксплуатации .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Тип помещения	Влажностный режим	Назначение	Тип основания	Особые требования	Температурный режим
1	Жилая комната	Нормальный	Выравнивание стен	Кирпич	Экологичность	Отапливаемое
2	Ванная комната	Влажный	Облицовка стен	Бетон	Влагостойкость	Отапливаемое
3	Кухня	Повышенная влажность	Потолок	Железобетон	Паропроницаемость	Отапливаемое
4	Офисное помещение	Нормальный	Перегородки	Пол	Звукоизоляция	Отапливаемое
5	Подвал	Влажный	Выравнивание	Кирпич	Прочность	Неотапливаемое
6	Чердачное помещение	Нормальный	Теплоизоляция	Дерево	Легкость	Неотапливаемое
7	Коридор	Нормальный	Отделка стен	Газобетон	Трещиностойкость	Отапливаемое
8	Детская комната	Нормальный	Потолок	Железобетон	Безопасность	Отапливаемое
9	Санузел	Влажный	Перегородки	Кирпич	Влагостойкость	Отапливаемое
10	Балкон	Повышенная влажность	Выравнивание	Бетон	Морозостойкость	Неотапливаемое

3. Перечень материалов для исследования

Таблица 2. Сухие строительные смеси на гипсовой основе

№	Наименование материала	Тип	Основа	Назначение	Цвет	Толщина слоя, мм
1	Штукатурка гипсовая КНАУФ Ротбанд	Штукатурка	Гипс	Для стен и потолков	Серый	5–50
2	Штукатурка гипсовая машинного нанесения	Штукатурка	Гипс	Для механизированных работ	Серый	5–30
3	Шпатлевка гипсовая стартовая КНАУФ	Шпатлевка	Гипс	Первичное выравнивание	Белый	3–15

4	Шпатлевка гипсовая финишная КНАУФ	Шпатлевка	Гипс	Окончательная отделка	Белый	0,5–3
5	Шпатлевка гипсовая влагостойкая	Шпатлевка	Гипс с добавками	Для влажных помещений	Серый	1–5
6	Клей гипсовый КНАУФ Перлфикс	Клеевая смесь	Гипс	Для гипсовых плит	Серый	2–5
7	Монтажная смесь для пазогребневых плит	Монтажная	Гипс	Для ПГП	Серый	2–8
8	Гипсовая штукатурка легкая	Штукатурка	Гипс с наполнителями	Для теплоизоляции	Белый	10–40
9	Гипсовая шпатлевка полимерная	Шпатлевка	Гипс + полимеры	Высококачественная	Белый	1–5
10	Ремонтный состав гипсовый	Ремонтный	Гипс	Заделка трещин	Серый	5–20

Таблица 3. Листовые и плитные материалы на гипсовой основе

№	Наименование материала	Тип	Размеры, мм	Толщина, мм	Масса 1 м ² , кг	Особенности
1	ГКЛ (гипсокартонный лист) обычный	ГКЛ	2500×1200	12,5	9,5	Стандартный
2	ГКЛ влагостойкий (ГКЛВ)	ГКЛВ	2500×1200	12,5	10,0	Зеленый картон
3	ГКЛ огнестойкий (ГКЛО)	ГКЛО	2500×1200	12,5	10,5	Красный картон
4	ГКЛ влагоогнестойкий (ГКЛВО)	ГКЛВО	2500×1200	12,5	11,0	Комбинированный
5	ГКЛ арочный (гибкий)	ГКЛ	2500×1200	6,5	5,5	Для криволинейных поверхностей
6	ГВЛ (гипсоволокнистый лист) обычный	ГВЛ	2500×1200	10,0	15,0	Гомогенный
7	ГВЛ влагостойкий (ГВЛВ)	ГВЛВ	2500×1200	12,0	18,0	Для влажных помещений

8	ГВЛ для пола (элемент пола)	ГВЛ	1500×500	20,0	22,0	С замками
9	Пазогребневая плита (ПГП) обычная	ПГП	667×500	80	60	Для перегородок
10	Пазогребневая плита влагостойкая	ПГП	667×500	80	65	С гидрофобизаторами
11	Пазогребневая плита паз-гребень	ПГП	667×500	100	75	Для межквартирных стен
12	Гипсовая плита для вентилируемых фасадов	Фасадная	1200×600	15	18	Стеклохолст
13	Гипсокартон потолочный	ГКЛ	2500×1200	9,5	7,5	Облегченный
14	Гипсоволокнистая плита для перегородок	ГВЛ	2500×1200	12,5	18,0	Повышенной прочности
15	Комбинированная плита (гипс + минвата)	Комбинированная	1200×600	25	20	Теплозвукоизоляционная

4. Характеристики материалов

Таблица 4. Физико-механические характеристики гипсовых материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа	Твердость по Бринеллю	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
Гипсовое тесто	1200–1400	4–6	2–3	2–3	25–30	5
ГКЛ	750–850	–	1,5–2,0	–	35–40	не морозостоек
ГКЛВ	800–900	–	1,8–2,2	–	20–25	5
ГВЛ	1000–1200	15–20	5–6	4–5	8–10	15
ГВЛВ	1100–1300	18–22	6–7	5–6	5–7	25
ПГП обычная	1100–1200	5–7	2–3	–	25–30	10
ПГП влагостойкая	1200–1300	7–9	3–4	–	10–15	25
Гипсовая штукатурка	1000–1100	3–5	1,5–2	–	20–25	–
Гипсовая шпатлевка	1100–1200	4–6	2–2,5	–	15–20	–

Таблица 5. Параметры пожарной безопасности

Материал	Группа горючести	Группа воспламеняемости	Дымообразующая способность	Предел огнестойкости,
----------	------------------	-------------------------	----------------------------	-----------------------

				мин
ГКЛ	Г1	В2	Д1	20
ГКЛВ	Г1	В2	Д1	20
ГКЛО	Г1	В1	Д1	45
ГВЛ	Г1	В2	Д1	30
ГВЛВ	Г1	В2	Д1	30
ППП	Г1	В2	Д1	45
Гипсовая штукатурка	НГ	–	–	60
Гипсовая шпатлевка	НГ	–	–	60

5. Оборудование и материалы

1. Образцы сухих строительных смесей (8–10 наименований)
2. Образцы листовых материалов (ГКЛ, ГВЛ, ППП) – не менее 6 наименований
3. Лупа бинокулярная или ручная (10×)
4. Штангенциркуль с точностью 0,05 мм
5. Линейка металлическая (300–500 мм)
6. Микрометр или толщиномер
7. Весы лабораторные с точностью до 0,1 г
8. Прибор Вика (для определения сроков схватывания)
9. Формы для изготовления образцов-балочек 40×40×160 мм
10. Устройство для испытания на изгиб
11. Пресс для испытания на сжатие
12. Емкость с водой
13. Секундомер
14. Сушильный шкаф
15. Ножницы, нож канцелярский
16. Шпатели, мастерок, кельма
17. Мерный цилиндр (100–250 мл)

6. Порядок выполнения работы

6.1. Изучение номенклатуры и классификации материалов

1. Получить у преподавателя набор образцов сухих смесей и листовых материалов согласно заданию (не менее 6 образцов каждого типа).
2. Для каждого образца определить:
 - Наименование и марку материала
 - Тип материала (штукатурка, шпатлевка, клей, лист)
 - Состав (гипс, гипс с добавками)
 - Назначение (для стен, потолков, полов, перегородок)
3. Заполнить графы 1–4 таблицы 6.

6.2. Определение параметров листовых материалов

1. Измерить длину, ширину и толщину каждого листового образца штангенциркулем.
2. Измерения провести не менее чем в 3 точках, вычислить средние значения.
3. Взвесить образцы известного размера (не менее 100×100 мм).

4. Рассчитать массу 1 м² материала.
5. Определить плотность материала:

$$\rho = m / (a \times b \times h) \times 10^6, \text{ кг/м}^3$$

где m – масса образца, г; a, b, h – размеры, мм.

6. Заполнить графы 5–7 таблицы 6.

6.3. Приготовление гипсового теста

1. Для сухих смесей (штукатурка, шпатлевка) приготовить гипсовое тесто нормальной густоты.

2. Отмерить необходимое количество воды (ориентировочно 50–60% от массы смеси).

3. Затворить смесь водой, тщательно перемешать в течение 2–3 минут.

4. Определить нормальную густоту по растекаемости (диаметр лепешки 180±5 мм).

6.4. Определение сроков схватывания

1. Приготовленное гипсовое тесто поместить в кольцо прибора Вика.

2. Зафиксировать время начала затворения.

3. Определить начало схватывания – время, через которое игла не доходит до дна на 2–4 мм.

4. Определить конец схватывания – время, через которое игла опускается на 1–2 мм.

5. Заполнить графу 8 таблицы 6.

6.5. Изготовление и испытание образцов

1. Из приготовленного гипсового теста изготовить образцы-балочки размером 40×40×160 мм.

2. Через 2 часа после изготовления извлечь образцы из форм.

3. Выдержать образцы в нормальных условиях в течение 7 суток.

4. Испытать образцы на изгиб (разрушающая нагрузка).

5. Рассчитать предел прочности при изгибе:

$$R_{изг} = 1,5 \times P \times l / (b \times h^2), \text{ МПа}$$

где P – разрушающая нагрузка, Н; l – расстояние между опорами, мм; b, h – размеры сечения, мм.

6. Половинки балочек после излома испытать на сжатие.

7. Рассчитать предел прочности при сжатии:

$$R_{сж} = P / A, \text{ МПа}$$

где A – площадь поперечного сечения, мм².

8. Заполнить графы 9–10 таблицы 6.

6.6. Определение водопоглощения

1. Вырезать образцы листовых материалов размером 50×50 мм.

2. Взвесить сухие образцы.

3. Поместить образцы в емкость с водой на 2 часа.

4. Извлечь образцы, промокнуть фильтровальной бумагой.

5. Повторно взвесить образцы.

6. Рассчитать водопоглощение:

$$W = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\%$$

7. Заполнить графу 11 таблицы 6.

6.7. Оценка марки гипсового вяжущего

1. По результатам испытаний на сжатие определить марку гипсового вяжущего:

- Г-2 – прочность 2 МПа
- Г-3 – прочность 3 МПа
- Г-4 – прочность 4 МПа
- Г-5 – прочность 5 МПа
- Г-6 – прочность 6 МПа

2. Заполнить графу 12 таблицы 6.

6.8. Определение области применения

На основе полученных характеристик и условий эксплуатации определить для каждого материала:

1. Возможность применения в заданном типе помещения.
2. Соответствие влажностному режиму.
3. Соответствие требованиям по прочности.
4. Рекомендуемый способ нанесения/монтажа.

Заполнить графу 13 таблицы 6.

6.9. Сравнительный анализ ГКЛ и ГВЛ

1. Составить сравнительную таблицу характеристик ГКЛ и ГВЛ.
2. Отметить преимущества и недостатки каждого материала.
3. Определить области применения, где каждый материал предпочтительнее.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Заполненную таблицу результатов исследований (Форма 1).

Форма 1. Характеристики строительных смесей и листовых материалов

№	Наименование материала	Тип	Состав	Назначение	Размеры, мм	Толщина, мм	Масса, кг	Плотность, кг/м ³	Срок схватывания, мин	Прочность на изгиб, МПа	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %	Марка	Область применения
1														
2														
.														
.														
.														

4. Сравнительная таблица ГКЛ и ГВЛ (Форма 2).

Форма 2. Сравнительный анализ гипсокартонных и гипсоволокнистых листов

Показатель	ГКЛ	ГВЛ	Преимущество
Плотность, кг/м ³			
Прочность на изгиб, МПа			
Водопоглощение, %			

Твердость поверхности			
Звукоизоляция			
Огнестойкость			
Технологичность			

5. Выбор оптимального материала для заданных условий (Форма 3).

Форма 3. Обоснование выбора материала

Требование	Значение/характеристика	Выбранный материал	Соответствие
Тип помещения			
Влажностный режим			
Необходимая прочность			
Ограничения по толщине			
Особые требования			
Итоговое решение			

6. Выводы по работе:

- Краткая характеристика исследованных материалов
- Соответствие выбранного материала заданным условиям
- Особенности применения материалов в зависимости от влажностного режима

- Рекомендации по выбору материалов для различных конструкций

8. Контрольные вопросы

1. Каков состав гипсокартонного листа и технология его производства?
2. Чем отличается ГВЛ от ГКЛ по структуре и свойствам?
3. Что означают буквы в маркировке ГКЛ (В, О, ВО)?
4. Какие добавки вводят в гипсовые штукатурки для улучшения свойств?
5. Как определяется марка гипсового вяжущего?
6. Почему гипсовые материалы ограниченно применяются в помещениях с повышенной влажностью?
7. Какие преимущества имеют пазогребневые плиты перед гипсокартоном?
8. Как влияет толщина листа на область применения гипсокартона?
9. Какие способы повышения влагостойкости гипсовых материалов существуют?
10. Для каких конструкций применяются ГКЛО и каковы их особенности?

Практическое занятие № 8

Ознакомление со структурой и пороками древесины

Цель работы

Целью работы является ознакомление с макроскопическим строением древесины различных пород, изучение классификации пороков древесины по ГОСТ 2140-81, приобретение навыков визуального определения и идентификации пороков, освоение методов измерения параметров пороков и оценки их влияния на качество и область применения древесины.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар .	Породы древесины для изучения	Количество образцов	Типы пороков для идентификации	Область применения	Дополнительное задание
1	Сосна, ель, лиственница	6	Сучки, трещины, смоляные кармашки	Строительные конструкции	Зарисовать макроструктуру
2	Дуб, береза, осина	6	Сучки, наклон волокон, ядро	Мебельное производство	Определить тип сучков
3	Липа, ольха, тополь	5	Прорость, червоточина, гниль	Резьба по дереву	Измерить размеры пороков
4	Кедр, пихта, сосна	6	Сучки, трещины, смоляные кармашки	Столярные изделия	Оценить влияние на прочность
5	Ясень, клен, вяз	5	Крень, свилеватость, ложное ядро	Паркет, мебель	Зарисовать пороки
6	Бук, граб, орех	5	Сучки, червоточина, гниль	Музыкальные инструменты	Определить степень поражения
7	Сосна, ель, береза	6	Трещины, прорость, сучки	Стропильные системы	Измерить длину трещин
8	Лиственница, кедр, пихта	5	Смоляные кармашки, наклон волокон	Отделочные материалы	Оценить декоративность
9	Дуб, ясень, клен	5	Свилеватость, капы, наплывы	Художественные изделия	Определить тип свилеватости
10	Осина, ольха, липа	5	Гнили, червоточина, механические повреждения	Тара, упаковка	Классифицировать пороки

3. Перечень пород древесины для изучения

Таблица 2. Основные породы древесины

Порода	Тип	Плотность, кг/м ³	Твердость	Цвет ядра	Цвет заболони	Годичные кольца
Сосна	Хвойная	500	Мягкая	Красновато-бурый	Желтовато-белый	Хорошо видны

Ель	Хвойная	450	Мягкая	Бледно-розовый	Белый	Менее заметны
Лиственница	Хвойная	650	Твердая	Красновато-бурый	Узкая белая	Хорошо видны
Кедр	Хвойная	440	Мягкая	Светло-розовый	Желтоватый	Хорошо видны
Пихта	Хвойная	400	Мягкая	Без ядра	Белый	Слабо видны
Дуб	Лиственная кольцесосудистая	700	Твердая	Темно-бурый	Светлый	Хорошо видны
Ясень	Лиственная кольцесосудистая	680	Твердая	Светло-бурый	Светлый	Хорошо видны
Бук	Лиственная рассеяннососудистая	650	Твердая	Красновато-бурый	Светлый	Малозаметны
Береза	Лиственная рассеяннососудистая	630	Средняя	Без ядра	Белый	Малозаметны
Клен	Лиственная рассеяннососудистая	670	Твердая	Без ядра	Белый	Малозаметны
Осина	Лиственная	450	Мягкая	Без ядра	Белый	Малозаметны
Липа	Лиственная	400	Мягкая	Без ядра	Белый	Малозаметны
Ольха	Лиственная	520	Мягкая	Без ядра	Красноватый	Малозаметны
Вяз	Лиственная кольцесосудистая	640	Твердая	Коричневый	Светлый	Хорошо видны
Граб	Лиственная	750	Твердая	Без ядра	Белый	Малозаметны

4. Классификация пороков древесины по ГОСТ 2140-81

Таблица 3. Сучки

Вид сучка	Разновидность	Характеристика	Влияние на качество
По форме разреза	Круглый	Диаметр более 1,5 толщины	Снижает прочность
	Овальный	Диаметр 1,5–4 толщины	Среднее влияние
	Продолговатый	Диаметр более 4 толщины	Сильное снижение
По положению в пиломатериале	Пластовый	Выходит на пласть	Визуальный дефект
	Кромочный	Выходит на кромку	Снижает прочность кромки
	Ребровый	Выходит на ребро	Значительный дефект
	Торцовый	На торце	Незначительное
По степени срастания	Сросшийся	Сросся с древесиной	Менее опасен

	Частично сросшийся	Сросся частично	Средняя опасность
	Несросшийся	Не сросся	Очень опасен
По состоянию древесины	Здоровый	Без гнили	Допускается
	Загнивший	Начальная стадия гнили	Ограниченно
	Гнилой	Полная гниль	Брак
	Табачный	Трухлявый	Брак

Таблица 4. Трещины

Вид трещины	Разновидность	Характеристика	Причина образования
Метиковые	Простая	Одна трещина в сердцевине	В растущем дереве
	Сложная	Несколько трещин	В растущем дереве
Отлупные	–	По годичным слоям	В растущем дереве
Морозные	–	Радиальные, снаружи	Морозобоины
Трещины усушки	–	От высыхания	При сушке

Таблица 5. Пороки формы ствола

Порок	Характеристика	Измерение	Влияние
Сбежистость	Уменьшение диаметра к вершине	% на 1 м	Увеличивает отходы
Закомелистость	Утолщение комля	Разность диаметров	Затрудняет распиловку
Кривизна	Искривление оси	Стрела прогиба	Снижает выход пиломатериалов
Ройка	Продольная вогнутость	Глубина	Дефект формы
Нарост	Местное утолщение	Размеры	Текстурный дефект

Таблица 6. Пороки строения древесины

Порок	Характеристика	Влияние на качество
Наклон волокон	Отклонение от продольной оси	Снижает прочность
Свилеватость	Волнистое расположение волокон	Повышает прочность, декоративность
Крень	Утолщение поздней зоны	Коробление при сушке
Тяговая древесина	У лиственных	Асимметричная усушка
Ложное ядро	Темная центральная зона	Снижает прочность
Пятнистость	Окраска заболони	Визуальный дефект
Внутренняя заболонь	Светлые участки в ядре	Снижает качество
Водослой	Участки с повышенной влажностью	Трещины при сушке

Таблица 7. Грибные поражения и биологические повреждения

Порок	Характеристика	Цвет	Степень опасности
Ядровая гниль	Разрушение ядра	Пестрая, бурая	Полное разрушение
Заболонная гниль	Разрушение заболони	Бурая	Быстрое развитие
Плесень	Поверхностное поражение	Зеленая, черная	Визуальный дефект
Червоточина	Повреждение насекомыми	Отверстия	Снижает прочность
Трухлявая гниль	Полное разрушение	Бурая	Брак

5. Оборудование и материалы

1. Коллекция образцов древесины различных пород (10–12 образцов)
2. Коллекция образцов с пороками древесины (8–10 образцов)
3. Лупа бинокулярная или ручная (10×)

4. Микроскоп (при наличии)
5. Линейка металлическая (300 мм)
6. Штангенциркуль с точностью 0,05 мм
7. Угольник поверочный
8. Транспортёр
9. Нож, стамеска
10. Кисть мягкая
11. Торцевая лупа (для изучения срезов)
12. Таблицы-определители пороков древесины

6. Порядок выполнения работы

6.1. Изучение макроскопического строения древесины

1. Получить у преподавателя набор образцов древесины различных пород согласно заданию.

2. Рассмотреть образцы на трех основных разрезах:

- Торцовый (поперечный) разрез
- Радиальный разрез (вдоль оси через сердцевину)
- Тангенциальный разрез (вдоль оси, касательно к годичным слоям)

3. Определить и зарисовать основные элементы строения:

- Годичные кольца (ранняя и поздняя древесина)
- Серцевина и сердцевинные лучи
- Смоляные ходы (у хвойных пород)
- Сосуды (у лиственных пород)
- Ядро и заболонь (у ядровых пород)

4. Заполнить графы 1–3 таблицы 8.

6.2. Изучение пороков древесины

1. Получить у преподавателя набор образцов древесины с различными пороками.

2. Визуально осмотреть каждый образец, используя лупу при необходимости.

3. Для каждого обнаруженного порока определить:

– Группу порока (сучки, трещины, пороки формы, строения, грибные поражения)

- Вид порока
- Разновидность порока

4. Заполнить графы 4–5 таблицы 8.

6.3. Измерение параметров пороков

1. Для каждого идентифицированного порока выполнить необходимые измерения:

Для сучков:

- Измерить диаметр (наименьший и наибольший)
- Измерить расстояние между соседними сучками
- Определить количество на единицу длины

Для трещин:

- Измерить длину трещины
- Измерить глубину (с помощью щупа или стамески)

- Измерить ширину раскрытия

Для пороков формы:

- Измерить стрелу прогиба (для кривизны)
- Определить процент сбежистости

Для гнилей:

- Определить глубину поражения
- Оценить процент пораженной площади

2. Заполнить графу 6 таблицы 8.

6.4. Зарисовка пороков

1. Выполнить эскиз каждого образца с пороком.
2. На эскизе показать схему измерения порока.
3. Указать размеры и характерные особенности.

6.5. Оценка влияния пороков на качество

1. Для каждого порока определить степень его влияния на качество древесины:

- Критическое влияние (полное разрушение, брак)
- Значительное влияние (ограниченное применение)
- Умеренное влияние (допустимо с ограничениями)
- Незначительное влияние (допустимо)
- Декоративная ценность (повышает качество)

2. Заполнить графу 7 таблицы 8.

6.6. Определение возможной области применения

1. На основе выявленных пороков и их влияния на качество определить:

- Возможность использования в строительных конструкциях
- Возможность использования в столярных изделиях
- Возможность использования в мебельном производстве
- Декоративная ценность для художественных изделий

2. Заполнить графу 8 таблицы 8.

6.7. Оформление результатов

1. Заполнить сводную таблицу результатов исследований.
 2. Выполнить зарисовки наиболее характерных пороков.
 3. Сформулировать выводы о влиянии пороков на качество древесины.
7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Заполненную таблицу результатов исследований (Форма 1).

Форма 1. Результаты изучения структуры и пороков древесины

№	Порода древесины	Тип (хвойная/лиственная)	Характеристика структуры	Обнаруженный порок	Вид порока	Результаты измерения	Влияние на качество	Рекомендуемая область применения
1								
2								

..								
.								

4. Зарисовки макроструктуры древесины на трех разрезах (Форма 2).
Форма 2. Макроскопическое строение древесины

Порода	Торцовый разрез	Радиальный разрез	Тангенциальный разрез
	(эскиз)	(эскиз)	(эскиз)

5. Зарисовки пороков древесины с указанием размеров (Форма 3).
Форма 3. Пороки древесины

№ образца	Порок	Эскиз	Размеры	Описание
1				
2				
...				

6. Выводы по работе:

- Характеристика изученных пород древесины
- Классификация обнаруженных пороков
- Наиболее опасные пороки для различных видов применения
- Пороки, повышающие декоративную ценность древесины
- Рекомендации по использованию древесины с различными пороками

8. Контрольные вопросы

1. Какие основные разрезы древесины используются для изучения ее структуры?
2. Чем отличается строение хвойных и лиственных пород древесины?
3. Что такое годичные кольца и что они показывают?
4. Какие группы пороков древесины выделяет ГОСТ 2140-81?
5. Чем отличаются сросшиеся сучки от несросшихся?
6. Какие существуют разновидности трещин по происхождению?
7. Что такое крень, свилеватость, ложное ядро?
8. Какие пороки появляются в растущем дереве, а какие — в срубленной древесине?
9. Как влияют грибные поражения на механические свойства древесины?
10. Почему такие пороки как свилеватость и капы ценятся в производстве художественных изделий?

Практическое занятие № 9

**Вычерчивание конструктивной системы гражданского здания.
Определение глубины заложения фундамента.**

Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков вычерчивания конструктивной схемы гражданского здания, освоение методики определения глубины заложения фундамента в зависимости от инженерно-геологических условий, климатических факторов и конструктивных особенностей здания, а также формирование умений чтения строительных чертежей и выполнения рабочих чертежей конструктивных элементов.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Тип здания	Этажность	Район строительства	Грунты основания	Уровень грунтовых вод, м	Глубина промерзания, м	Наличие подвала	Конструктивная схема
1	Жилой дом	3	Москва	Суглинки	3,5	1,4	Нет	Бескаркасная с продольными несущими стенами
2	Общественное здание	5	Санкт-Петербург	Пылеватые пески	2,0	1,2	Есть	Бескаркасная с поперечными несущими стенами
3	Школа	4	Екатеринбург	Глины	4,5	1,8	Есть	Смешанная
4	Детский сад	2	Новосибирск	Крупнообломочные	6,0	2,2	Нет	Каркасная с самонесущими стенами
5	Административное здание	6	Краснодар	Супеси	2,5	0,8	Есть	Каркасная с навесными стенами
6	Торговый центр	2	Самара	Плотные глины	4,0	1,5	Нет	Каркасная
7	Жилой дом	9	Казань	Супеси	3,0	1,6	Есть	Смешанная
8	Гостиница	7	Ростов-на-Дону	Пылеватые пески	2,8	0,9	Есть	Бескаркасная с продольными несущими стенами
9	Спорткомплекс	3	Нижний Новгород	Глины	3,2	1,5	Нет	Каркасная

			д					
10	Поликлиника	4	Уфа	Суглинки	3,8	1,7	Есть	Смешанная

3. Характеристики грунтов основания

Таблица 2. Физико-механические характеристики грунтов

Тип грунта	Плотность, т/м ³	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, кПа	Модуль деформации, МПа	Расчетное сопротивление R ₀ , кПа
Песок гравелистый	1,8–2,0	38–40	0	40–50	500–600
Песок крупный	1,7–1,9	35–38	0	35–40	450–500
Песок средней крупности	1,6–1,8	32–35	0	30–35	350–400
Песок мелкий	1,5–1,7	28–32	0	25–30	250–300
Песок пылеватый	1,4–1,6	24–28	0	15–20	150–200
Супесь	1,5–1,7	20–24	8–12	12–18	200–250
Суглинок	1,6–1,8	18–22	15–25	10–16	180–220
Глина	1,7–1,9	16–20	30–50	8–14	200–300

4. Климатические параметры районов строительства

Таблица 3. Глубина промерзания грунтов

Город	Нормативная глубина промерзания, м, для грунтов			
	Песок гравелистый, крупный	Песок средней крупности, мелкий	Пылеватые пески, супеси	Суглинки, глины
Москва	1,8	1,6	1,4	1,2
Санкт-Петербург	1,6	1,4	1,2	1,0
Екатеринбург	2,2	2,0	1,8	1,6
Новосибирск	2,6	2,4	2,2	2,0
Краснодар	1,0	0,9	0,8	0,7
Самара	2,0	1,8	1,6	1,4
Казань	2,0	1,8	1,6	1,4
Ростов-на-Дону	1,2	1,1	1,0	0,9
Нижний Новгород	1,9	1,7	1,5	1,3
Уфа	2,1	1,9	1,7	1,5

5. Конструктивные параметры здания

Таблица 4. Конструктивные параметры по вариантам

№ вар.	Толщина наружных стен, мм	Толщина внутренних стен, мм	Шаг несущих стен, м	Ширина подошвы фундамента (ориентир.), мм	Материал стен	Тип фундамента
1	510	380	3,0–4,5	600	Кирпич	Ленточный сборный
2	640	380	3,6–5,4	800	Кирпич	Ленточный

						Монолитный
3	380	200	6,0	1000	Газобетон	Ленточный сборный
4	–	–	6,0×6,0	1200	Железобетон	Столбчатый
5	–	–	7,2×6,0	1500	Железобетон	Столбчатый с ростверком
6	–	–	9,0×6,0	1800	Железобетон	Столбчатый
7	510	380	3,0–5,4	700	Кирпич	Ленточный сборный
8	640	380	3,3–5,7	900	Кирпич	Ленточный монолитный
9	–	–	7,5×7,5	2000	Железобетон	Столбчатый с ростверком
10	380	200	4,2–6,0	800	Пеноблок	Ленточный сборный

6. Порядок выполнения работы

6.1. Определение конструктивной схемы здания

1. На основе исходных данных определить тип конструктивной схемы:
 - Бескаркасная (с продольными, поперечными или перекрестными несущими стенами)
 - Каркасная (с полным или неполным каркасом)
 - Смешанная
2. Вычертить схему расположения несущих элементов:
 - Для бескаркасной схемы – стены с привязкой к координационным осям
 - Для каркасной схемы – колонны с сеткой колонн и ригели
3. Указать шаг несущих конструкций и пролеты.

6.2. Определение глубины заложения фундамента

1. Определить нормативную глубину сезонного промерзания грунта d_{fn} по таблице 3 для заданного типа грунта и района строительства.

2. Определить расчетную глубину промерзания:

$$df = kh \times d_{fn}$$

где kh – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания (таблица 5).

3. Определить глубину заложения фундамента из условия недопущения морозного пучения:

$$d \geq df$$

4. Определить глубину заложения фундамента из инженерно-геологических условий:

- Заглубление в несущий слой грунта не менее 0,5 м
- Учет уровня грунтовых вод (при высоком УГВ – заглубление выше УГВ)

5. Определить глубину заложения фундамента из конструктивных требований:

- При наличии подвала – заглубление ниже пола подвала не менее 0,5 м
- Минимальная глубина заложения – 0,5 м от поверхности земли

6. Принять окончательную глубину заложения фундамента как наибольшее значение из полученных по разным условиям.

Таблица 5. Коэффициент k_h для различных типов зданий

Тип здания	Расчетная среднесуточная температура в помещении, °С	Коэффициент k_h
Отапливаемые подвалом	с 15–20	0,5–0,7
Отапливаемые подвала	без 15–20	0,7–1,0
Неотапливаемые	–	1,1

6.3. Вычерчивание плана фундаментов

1. Вычертить план фундаментов здания в масштабе 1:100 или 1:200.
2. Нанести координационные оси.
3. Показать:
 - Ленточные фундаменты (с указанием ширины подошвы)
 - Столбчатые фундаменты (с привязкой к осям)
 - Фундаментные балки (при каркасной схеме)
 - Подколонники, стаканы (при необходимости)
 - Отметки подошвы фундамента
 - Гидроизоляцию (условно)
4. Обозначить марки фундаментных блоков или столбов.

6.4. Вычерчивание конструктивного разреза

1. Вычертить конструктивный разрез по стене или по колонне в масштабе 1:50.
2. Показать:
 - Фундамент с указанием глубины заложения
 - Подготовку под фундамент (песчаная, бетонная)
 - Гидроизоляцию (горизонтальную и вертикальную)
 - Отмостку
 - Цоколь
 - Перекрытие подвала (при наличии)
 - Пол подвала
3. Нанести размеры:
 - Глубину заложения фундамента
 - Толщину стен
 - Высоту цоколя
 - Отметки уровней (планировочная отметка, пол подвала, пол 1 этажа)

6.5. Оформление чертежа

1. Оформить чертеж в соответствии с требованиями СПДС (ГОСТ 21.501).
2. Заполнить основную надпись (штамп).
3. Выполнить спецификацию элементов фундамента (Форма 2).

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Расчет глубины заложения фундамента (Форма 1).

Форма 1. Расчет глубины заложения фундамента

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Нормативная глубина промерзания	dfn		м
Коэффициент теплового режима	kh		
Расчетная глубина промерзания	df		м
Глубина заложения по условиям промерзания	d ₁		м
Глубина заложения по инженерно-геологическим условиям	d ₂		м
Глубина заложения по конструктивным условиям	d ₃		м
Принятая глубина заложения	d		м

4. План фундаментов (графическая часть) – формат А3 или А4.
5. Конструктивный разрез (графическая часть) – формат А3 или А4.
6. Спецификацию элементов фундамента (Форма 2).

Форма 2. Спецификация элементов фундамента

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса ед., кг	Примечание
1	ГОСТ 13579-78	ФБС 24.6.6-т			
2		Подушка фундаментная			
...					

7. Выводы по работе:

- Обоснование принятой глубины заложения фундамента
- Характеристика конструктивной системы здания
- Особенности конструктивного решения фундаментов
- Рекомендации по устройству гидроизоляции и защиты фундамента

8. Контрольные вопросы

1. Какие типы конструктивных систем гражданских зданий существуют?
2. От каких факторов зависит глубина заложения фундамента?
3. Как определяется расчетная глубина промерзания грунта?
4. Какие требования предъявляются к заложению фундамента при наличии подвала?
5. Как учитывается уровень грунтовых вод при назначении глубины заложения?
6. Что такое ленточный фундамент и в каких случаях он применяется?
7. Что такое столбчатый фундамент и в каких случаях он применяется?
8. Какие марки фундаментных блоков существуют и как они обозначаются?
9. Каково назначение горизонтальной и вертикальной гидроизоляции фундаментов?

10. Как выполняется привязка фундаментов к координационным осям?

Практическое занятие № 10

Определение количества и характера работы перемычек.

Вычерчивание перемычек над оконным или дверным проемом.

Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков определения типа, количества и несущей способности перемычек над проемами в кирпичных стенах, освоение методики подбора перемычек по сериям, изучение правил раскладки перемычек в зависимости от ширины проема и толщины стены, а также формирование умений вычерчивания схем расположения перемычек и узлов.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар.	Толщина стены, мм	Ширина проема, мм	Высота проема, мм	Тип проема	Высота этажа, м	Нагрузка от перекрытия	Тип перекрытия	Район строительства
1	380	1200	1500	Оконный	3,0	Отсутствует	Деревянное	Москва
2	510	1500	1800	Оконный	3,3	Есть	Ж/б плиты	Санкт-Петербург
3	640	1800	1500	Оконный	3,6	Есть	Ж/б плиты	Екатеринбург
4	380	900	2100	Дверной	3,0	Отсутствует	Деревянное	Новосибирск
5	510	2100	1800	Оконный	3,3	Есть	Ж/б плиты	Краснодар
6	640	1500	2100	Дверной	3,6	Есть	Ж/б плиты	Самара
7	380	1800	1500	Оконный	3,0	Отсутствует	Деревянное	Казань
8	510	1200	2100	Дверной	3,3	Есть	Ж/б плиты	Ростов-на-Дону
9	640	2100	1800	Оконный	3,6	Есть	Ж/б плиты	Нижний Новгород
10	380	1500	2100	Дверной	3,0	Отсутствует	Деревянное	Уфа

3. Типы перемычек и их характеристики

Таблица 2. Сборные железобетонные перемычки (по серии 1.038.1-1)

Марка перемычки	Размеры, мм (длина × ширина × высота)	Вес, кг	Несущая способность	Область применения
2ПБ-13	1290 × 120 × 140	50	Несущая	До 1,3 м
2ПБ-16	1550 × 120 × 140	60	Несущая	До 1,6 м
2ПБ-19	1940 × 120 × 140	75	Несущая	До 1,9 м
2ПБ-22	2200 × 120 × 140	85	Несущая	До 2,2 м
2ПБ-25	2460 × 120 × 140	95	Несущая	До 2,5 м

2ПБ-28	2720 × 120 × 140	105	Несущая	До 2,8 м
2ПБ-30	2980 × 120 × 140	115	Несущая	До 3,0 м
3ПБ-13	1290 × 120 × 220	80	Несущая усиленная	До 1,3 м
3ПБ-16	1550 × 120 × 220	95	Несущая усиленная	До 1,6 м
3ПБ-18	1810 × 120 × 220	110	Несущая усиленная	До 1,8 м
3ПБ-21	2070 × 120 × 220	125	Несущая усиленная	До 2,1 м
3ПБ-25	2460 × 120 × 220	150	Несущая усиленная	До 2,5 м
3ПБ-27	2720 × 120 × 220	165	Несущая усиленная	До 2,7 м
3ПБ-30	2980 × 120 × 220	180	Несущая усиленная	До 3,0 м
5ПБ-18	1810 × 250 × 220	220	Несущая для толстых стен	До 1,8 м
5ПБ-21	2070 × 250 × 220	250	Несущая для толстых стен	До 2,1 м
5ПБ-25	2460 × 250 × 220	300	Несущая для толстых стен	До 2,5 м
5ПБ-27	2720 × 250 × 220	330	Несущая для толстых стен	До 2,7 м
5ПБ-30	2980 × 250 × 220	360	Несущая для толстых стен	До 3,0 м

Таблица 3. Брусковые перемычки (нерядовые)

Марка перемычки	Размеры, мм (длина × ширина × высота)	Вес, кг	Несущая способность
Б-120×140	L × 120 × 140	–	Ненесущая
Б-120×220	L × 120 × 220	–	Несущая
Б-250×220	L × 250 × 220	–	Несущая усиленная

4. Глубина опирания перемычек

Таблица 4. Минимальная глубина опирания перемычек

Тип перемычки	Глубина опирания, мм
Ненесущие перемычки	120
Несущие перемычки (без нагрузки от перекрытия)	150
Несущие перемычки (с нагрузкой от перекрытия)	200
Несущие перемычки (с нагрузкой от балконной плиты)	250

5. Определение необходимого количества перемычек

Таблица 5. Количество перемычек в зависимости от толщины стены

Толщина стены, мм	Ширина одной перемычки, мм	Количество перемычек
380	120	3
380	250	2
510	120	4
510	250	2 + 1 (брусок)
640	120	5
640	250	2 + 2 (бруски)

6. Порядок выполнения работы

6.1. Определение типа перемычек

1. Определить наличие нагрузки от перекрытия на перемычку:

– Если перекрытие опирается на стену в зоне проема – перемычка несущая

– Если проем расположен под перекрытием с опиранием вне зоны проема – перемычка может быть ненесущей

2. Выбрать тип перемычек:

– При отсутствии нагрузки – брусковые перемычки (ненесущие)

– При наличии нагрузки – несущие перемычки (ПБ)

6.2. Определение необходимой длины перемычек

1. Рассчитать требуемую длину перемычки:

$$L = L_{\text{проема}} + 2 \times a$$

где $L_{\text{проема}}$ – ширина проема, мм;
 a – глубина опирания, мм (по таблице 4).

2. Округлить полученную длину до ближайшей стандартной длины перемычки по таблице 2.

3. Записать марку перемычки.

6.3. Определение количества перемычек

1. В зависимости от толщины стены определить необходимое количество перемычек по таблице 5.

2. При использовании перемычек разной ширины определить их расположение.

3. Для стен толщиной 510 мм и более предусмотреть перевязку перемычек.

6.4. Проверка несущей способности

1. Для несущих перемычек проверить соответствие выбранной марки расчетной нагрузке (по таблице 2).

2. При недостаточной несущей способности выбрать перемычку большего сечения.

6.5. Вычерчивание плана перемычек

1. Вычертить фрагмент стены с оконным или дверным проемом в масштабе 1:20 или 1:25.

2. Нанести координационные оси.

3. Показать:

– Контур стены

– Оконный или дверной проем

– Перемычки с указанием их марок

– Глубину опирания перемычек

4. Обозначить марки перемычек.

6.6. Вычерчивание сечений по перемычкам

1. Вычертить поперечное сечение стены по перемычке в масштабе 1:10 или 1:20.

2. Показать:

– Кладку стены

- Перемычки (с штриховкой железобетона)
 - Растворный шов
 - Привязку к координационным осям
3. Указать размеры:
- Толщину стены
 - Ширину и высоту перемычек
 - Расстояние между перемычками
 - Защитный слой бетона

6.7. Составление спецификации перемычек

1. Составить спецификацию перемычек на один этаж.
2. Указать:
 - Марку перемычки
 - Количество
 - Размеры
 - Массу
 - Примечание

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Расчет перемычек (Форма 1).

Форма 1. Расчет перемычек

Параметр	Значение
Ширина проема, мм	
Толщина стены, мм	
Тип перемычек (несущие/ненесущие)	
Глубина опирания, мм	
Требуемая длина перемычки, мм	
Принятая длина перемычки (стандартная), мм	
Марка перемычки	
Количество перемычек	

4. План перемычек (графическая часть) – формат А4.
5. Сечения по перемычкам (графическая часть) – формат А4.
6. Спецификацию перемычек (Форма 2).

Форма 2. Спецификация перемычек на этаж

Позиция	Марка	Сечение, мм	Длина, мм	Кол-во	Масса ед., кг	Примечание
1						
2						
...						

7. Выводы по работе:

- Обоснование выбора типа и марки перемычек
- Особенности раскладки перемычек в стене
- Рекомендации по монтажу перемычек

8. Контрольные вопросы

1. Какие типы перемычек применяются в кирпичных стенах?

2. Чем отличаются несущие перемычки от ненесущих?
3. Как определяется глубина опирания перемычки?
4. От чего зависит количество перемычек в проеме?
5. Как выбирается марка перемычки по серии 1.038.1-1?
6. Как расшифровывается марка перемычки 2ПБ-22?
7. Какие требования предъявляются к опиранию перемычек на стену?
8. Как выполняется перевязка перемычек в толстых стенах?
9. Какие перемычки применяются при нагрузке от перекрытия?
10. Как на чертеже обозначаются перемычки разных типов?

Практическое занятие № 11

Выполнение теплотехнического расчёта ограждающих конструкций

Целью работы является приобретение практических навыков выполнения теплотехнического расчета ограждающих конструкций в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», освоение методики определения требуемого сопротивления теплопередаче, расчета фактического сопротивления многослойных конструкций, проверки отсутствия конденсации влаги, а также выбора толщины утеплителя для обеспечения нормативных требований .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ ва р.	Тип ограждающей конструкции	Город	Назначение здания	Влажностный режим	Условия эксплуатации	Тип здания
1	Наружная стена	Москва	Жилое	Нормальный	Б	Многоквартирный дом
2	Наружная стена	Санкт-Петербург	Общественное	Нормальный	Б	Офисное здание
3	Наружная стена	Екатеринбург	Жилое	Нормальный	Б	Коттедж
4	Наружная стена	Новосибирск	Жилое	Сухой	А	Многоквартирный дом
5	Наружная стена	Краснодар	Общественное	Влажный	В	Торговый центр
6	Чердачное перекрытие	Казань	Жилое	Нормальный	Б	Многоквартирный дом
7	Покрытие (кровля)	Нижний Новгород	Промышленное	Нормальный	Б	Производственный цех
8	Перекрытие над подвалом	Ростов-на-Дону	Жилое	Влажный	В	Многоквартирный дом
9	Наружная стена	Самара	Общественное	Нормальный	Б	Школа
10	Наружная стена	Уфа	Жилое	Нормальный	Б	Жилой дом

3. Климатические параметры районов строительства

Таблица 2. Климатические параметры по СНиП 23-01-99 (СП 131.13330)

Город	Средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С (0,92)	Продолжительность отопительного периода, сут	Средняя температура отопительного периода, °С	Зона влажности
Москва	-25	214	-3,1	Нормальная
Санкт-Петербург	-24	220	-2,2	Влажная
Екатеринбург	-32	231	-6,1	Нормальная
Новосибирск	-37	235	-8,2	Сухая
Краснодар	-19	149	+2,1	Влажная
Казань	-31	220	-5,3	Нормальная
Нижний Новгород	-30	218	-4,8	Нормальная
Ростов-на-Дону	-22	171	-1,5	Сухая
Самара	-30	209	-5,2	Нормальная
Уфа	-33	220	-5,8	Нормальная

4. Конструктивные решения ограждений

Таблица 3. Состав наружной стены (варианты 1-5, 9, 10)

Слой	Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)
Вариант 1				
1	Штукатурка цементно-песчаная	20	1800	0,93
2	Кирпич керамический пустотный	380	1400	0,64
3	Утеплитель (пенополистирол)	?	40	0,05
4	Штукатурка декоративная	10	1600	0,70
Вариант 2				
1	Штукатурка цементно-песчаная	20	1800	0,93
2	Кирпич керамический полнотелый	510	1800	0,81
3	Утеплитель (минеральная вата)	?	125	0,07
4	Вентилируемый фасад	–	–	–
Вариант 3				
1	Штукатурка цементно-песчаная	20	1800	0,93

2	Газобетон D500	400	500	0,20
3	Утеплитель (пенополистирол)	?	35	0,04
4	Штукатурка фасадная	10	1600	0,70
Вариант 4				
1	Штукатурка цементно-песчаная	20	1800	0,93
2	Керамзитобетон	400	1200	0,52
3	Утеплитель (пеноплекс)	?	35	0,03
4	Штукатурка фасадная	10	1600	0,70
Вариант 5				
1	Штукатурка цементно-песчаная	20	1800	0,93
2	Пеноблок D600	300	600	0,26
3	Утеплитель (минеральная вата)	?	110	0,06
4	Облицовочный кирпич	120	1800	0,81

Таблица 4. Состав чердачного перекрытия (вариант 6)

Слой	Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С) λ,
1	Железобетонная плита	220	2500	2,04
2	Пароизоляция	–	–	–
3	Утеплитель (минеральная вата)	?	125	0,07
4	Цементно-песчаная стяжка	40	1800	0,93

Таблица 5. Состав покрытия (кровли) – вариант 7

Слой	Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С) λ,
1	Железобетонная плита	220	2500	2,04
2	Пароизоляция	–	–	–
3	Утеплитель (пенополистирол)	?	35	0,04
4	Цементно-песчаная стяжка	30	1800	0,93
5	Гидроизоляция (рубероид)	5	600	0,17

Таблица 6. Состав перекрытия над подвалом (вариант 8)

Слой	Материал	Толщина, мм	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С) λ,
1	Железобетонная плита	220	2500	2,04

2	Утеплитель (пенополистирол)	?	35	0,04
3	Цементно-песчаная стяжка	50	1800	0,93
4	Покрытие пола (линолеум)	5	1400	0,23

5. Нормативные параметры тепловой защиты

Таблица 7. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче по СП 50.13330.2012

Вид ограждающей конструкции	Градусо-сутки отопительного периода D_d , °C·сут	Нормируемое сопротивление теплопередаче $R_{норм}$, м ² ·°C/Вт
Стены	2000	2,1
	4000	2,8
	6000	3,5
	8000	4,2
Покрытия и перекрытия над проездами	2000	2,5
	4000	3,5
	6000	4,5
	8000	5,5
Перекрытия чердачные и над подвалами	2000	2,0
	4000	2,8
	6000	3,7
	8000	4,6

Таблица 8. Коэффициенты теплоотдачи

Поверхность	Коэффициент теплоотдачи α , Вт/(м ² ·°C)
Внутренняя поверхность ограждения (ав)	8,7
Наружная поверхность ограждения (ан)	23,0
Наружная поверхность для чердачных перекрытий	12,0
Наружная поверхность для перекрытий над подвалами	6,0

6. Порядок выполнения работы

6.1. Определение градусо-суток отопительного периода

1. Рассчитать градусо-сутки отопительного периода по формуле:

$$ГСОП = (t_v - t_{от.пер}) \times Z_{от.пер}$$

где t_v – расчетная температура внутреннего воздуха, °C (по таблице 9);

$t_{от.пер}$ – средняя температура отопительного периода, °C (по таблице 2);

$Z_{от.пер}$ – продолжительность отопительного периода, сут (по таблице 2).

Таблица 9. Расчетная температура внутреннего воздуха

Тип здания	Температура t_v , °C
Жилые здания	20
Общественные здания	18
Промышленные здания	16

6.2. Определение нормируемого сопротивления теплопередаче

1. По таблице 7 определить нормируемое сопротивление теплопередаче $R_{\text{норм}}$ для соответствующего типа ограждения и полученного значения ГСОП (с интерполяцией).

6.3. Определение требуемого сопротивления теплопередаче по санитарно-гигиеническим условиям

1. Рассчитать требуемое сопротивление теплопередаче по формуле:

$$R_{\text{тр}} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \times n / (\Delta t_{\text{н}} \times \alpha_{\text{в}})$$

где $t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха (наиболее холодной пятидневки), °С (по таблице 2);
 n – коэффициент, учитывающий положение ограждения (по таблице 10);
 $\Delta t_{\text{н}}$ – нормативный температурный перепад, °С (по таблице 11);
 $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, Вт/(м²·°С).

Таблица 10. Коэффициент n

Вид ограждения	n
Наружные стены и покрытия	1,0
Чердачные перекрытия	0,9
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами	0,75

Таблица 11. Нормативный температурный перепад $\Delta t_{\text{н}}$

Тип здания	Для стен	Для покрытий	Для перекрытий над подвалами
Жилые здания	4,0	3,0	2,0
Общественные здания	4,5	4,0	2,5
Промышленные здания	5,0	5,0	3,0

4. Сравнить $R_{\text{тр}}$ с $R_{\text{норм}}$ и принять к расчету большее значение:

$$R_{\text{треб}} = \max(R_{\text{норм}}, R_{\text{тр}})$$

6.4. Расчет фактического сопротивления теплопередаче ограждения

1. Определить термическое сопротивление каждого слоя конструкции:

$$R_{\text{сл}} = \delta / \lambda$$

где δ – толщина слоя, м;
 λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С).

2. Определить сопротивление теплоотдаче у внутренней поверхности:

$$R_{\text{в}} = 1 / \alpha_{\text{в}}$$

3. Определить сопротивление теплоотдаче у наружной поверхности:

$$R_{\text{н}} = 1 / \alpha_{\text{н}}$$

4. Рассчитать общее фактическое сопротивление теплопередаче без утеплителя:

$$R_{\text{о.факт}} (\text{без утеплителя}) = R_{\text{в}} + \Sigma R_{\text{сл}} + R_{\text{н}}$$

5. Определить требуемое термическое сопротивление утеплителя:

$$R_{\text{ут.треб}} = R_{\text{треб}} - R_{\text{о.факт}} (\text{без утеплителя})$$

6.5. Определение толщины утеплителя

1. Рассчитать требуемую толщину утеплителя:

$$\delta_{ут} = R_{ут.треб} \times \lambda_{ут}$$

где $\lambda_{ут}$ – коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/(м·°С).

2. Округлить полученную толщину до стандартной (с шагом 10 мм для плитных материалов).

3. Принять окончательную толщину утеплителя $\delta_{ут.факт}$.

6.6. Уточнение фактического сопротивления теплопередаче

1. Рассчитать фактическое сопротивление теплопередаче с принятой толщиной утеплителя:

$$R_{о.факт} = R_{в} + \Sigma R_{сл} (\text{с утеплителем}) + R_{н}$$

2. Проверить условие:

$$R_{о.факт} \geq R_{треб}$$

6.7. Проверка отсутствия конденсации влаги

1. Определить температуру внутренней поверхности ограждения:

$$t_{в} = t_{вн} - (t_{вн} - t_{н}) \times R_{в} / R_{о.факт}$$

2. Определить температуру точки росы t_p по таблице 12 в зависимости от температуры и влажности внутреннего воздуха.

3. Проверить условие отсутствия конденсации:

$$t_{в} \geq t_p$$

Таблица 12. Температура точки росы t_p , °С

$t_{вн}$, °С	Относительная влажность воздуха ϕ , %			
	40	50	60	70
16	2,4	5,2	7,9	10,4
18	4,2	7,0	9,7	12,3
20	6,0	8,8	11,6	14,2

6.8. Оформление результатов

1. Составить ведомость результатов теплотехнического расчета.

2. Построить график распределения температур в ограждении.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Расчетную часть (Форма 1).

Форма 1. Теплотехнический расчет ограждающей конструкции

Наименование параметра	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Температура внутреннего воздуха	$t_{вн}$		°С
Температура наружного воздуха (наиболее холодной пятидневки)	$t_{нн}$		°С
Продолжительность отопительного периода	$Z_{от.пер}$		сут
Средняя температура отопительного периода	$t_{от.пер}$		°С
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП		°С·сут
Нормируемое сопротивление теплопередаче	$R_{норм}$		м ² ·°С/Вт
Требуемое сопротивление по санитарно-	$R_{тр}$		м ² ·°С/Вт

гигиеническим условиям			
Принятое требуемое сопротивление	$R_{\text{треб}}$		$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Сопротивление теплоотдаче у внутренней поверхности	$R_{\text{в}}$		$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Сопротивление теплоотдаче у наружной поверхности	$R_{\text{н}}$		$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Фактическое сопротивление без утеплителя	$R_{\text{о.факт}}$ (без ут)		$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Требуемое термическое сопротивление утеплителя	$R_{\text{ут.треб}}$		$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Требуемая толщина утеплителя	$\delta_{\text{ут}}$		мм
Принятая толщина утеплителя	$\delta_{\text{ут.факт}}$		мм
Фактическое сопротивление теплопередаче	$R_{\text{о.факт}}$		$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Проверка условия	$R_{\text{о.факт}} \geq R_{\text{треб}}$		
Температура внутренней поверхности	$t_{\text{в}}$		°C
Температура точки росы	$t_{\text{р}}$		°C
Проверка отсутствия конденсации	$t_{\text{в}} \geq t_{\text{р}}$		

4. Ведомость слоев ограждения (Форма 2).

Форма 2. Ведомость слоев ограждающей конструкции

№ слоя	Наименование материала	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
1				
2				
3				
4				
5				

5. График распределения температур в ограждении (Форма 3).

Форма 3. График распределения температур

(Выполняется на миллиметровой бумаге или в графическом редакторе с указанием:

- координаты x (толщина)
- координаты y (температура)
- линий изменения температуры в каждом слое)

6. Выводы по работе:

- Соответствие конструкции нормативным требованиям
- Рекомендуемая толщина утеплителя
- Отсутствие конденсации влаги
- Рекомендации по конструкции

8. Контрольные вопросы

1. Что такое градусо-сутки отопительного периода и как они определяются?

2. Какие параметры влияют на выбор толщины утеплителя?

3. Что такое сопротивление теплопередаче и из каких составляющих оно складывается?

4. Как проверяется отсутствие конденсации влаги на внутренней поверхности?

5. Что такое точка росы и от чего она зависит?
6. Какие требования предъявляются к теплотехническому расчету по СП 50.13330?
7. Как влияет влажностный режим помещения на выбор конструкции?
8. Для чего нужна пароизоляция в ограждающих конструкциях?
9. Как изменяется температура в многослойной конструкции?
10. Какие материалы являются наиболее эффективными утеплителями?

Практическое занятие № 12

Вычерчивание схемы расположения плит перекрытия

Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков выполнения схем расположения плит перекрытия, освоение правил раскладки плит по плану здания, изучение номенклатуры и марок плит перекрытий, формирование умений выполнения спецификаций и узлов опирания плит на стены.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вариант	Тип здания	Размеры в осях, м	Количество пролетов	Шаг поперечных стен, м	Толщина несущих стен, мм	Материал стен	Тип плит	Наличие отверстий
1	Жилой дом	12,0 × 9,0	2 × 3	3,0	380	Кирпич	ПК	Нет
2	Жилой дом	15,0 × 10,5	3 × 3	3,5	510	Кирпич	ПК	Вентканалы
3	Общественное здание	18,0 × 12,0	3 × 4	3,0	380	Кирпич	ПБ	Нет
4	Жилой дом	13,2 × 10,8	2 × 4	3,3	510	Кирпич	ПК	Сантехнические
5	Общественное здание	21,0 × 15,0	3 × 5	3,0	380	Газобетон	ПБ	Нет
6	Жилой дом	14,4 × 12,0	3 × 4	3,6	510	Кирпич	ПК	Вентканалы
7	Общественное здание	16,5 × 13,2	3 × 4	3,3	380	Кирпич	ПБ	Нет
8	Жилой дом	11,4 × 9,6	2 × 3	3,0	510	Кирпич	ПК	Сантехнические
9	Общественное здание	19,2 × 14,4	4 × 4	3,6	380	Газобетон	ПБ	Нет
10	Жилой дом	16,8 × 12,6	3 × 4	3,5	510	Кирпич	ПК	Вентканалы

3. Характеристики плит перекрытия

Таблица 2. Номенклатура многопустотных плит (серия 1.141-1)

Марка плиты	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, т	Объем бетона, м ³	Несущая способность, кг/м ²
ПК 30.12-8	2980	1190	220	1,35	0,55	800
ПК 30.15-8	2980	1490	220	1,70	0,69	800
ПК 36.12-8	3580	1190	220	1,60	0,66	800
ПК 36.15-8	3580	1490	220	2,00	0,82	800
ПК 42.12-8	4180	1190	220	1,85	0,77	800
ПК 42.15-8	4180	1490	220	2,30	0,95	800
ПК 48.12-8	4780	1190	220	2,10	0,88	800
ПК 48.15-8	4780	1490	220	2,60	1,09	800
ПК 54.12-8	5380	1190	220	2,35	0,99	800
ПК 54.15-8	5380	1490	220	2,90	1,23	800
ПК 60.12-8	5980	1190	220	2,60	1,10	800
ПК 60.15-8	5980	1490	220	3,20	1,37	800
ПК 63.12-8	6280	1190	220	2,75	1,16	800
ПК 63.15-8	6280	1490	220	3,40	1,44	800
ПК 66.12-8	6580	1190	220	2,85	1,21	800
ПК 66.15-8	6580	1490	220	3,55	1,51	800
ПК 72.12-8	7180	1190	220	3,10	1,32	800
ПК 72.15-8	7180	1490	220	3,85	1,64	800

Таблица 3. Номенклатура плит безопалубочного формования (ПБ)

Марка плиты	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, т	Объем бетона, м ³	Несущая способность, кг/м ²
ПБ 30.12-8	2980	1200	220	1,40	0,58	800
ПБ 30.15-8	2980	1500	220	1,75	0,72	800
ПБ 36.12-8	3580	1200	220	1,65	0,69	800
ПБ 36.15-8	3580	1500	220	2,05	0,86	800
ПБ 42.12-8	4180	1200	220	1,90	0,80	800
ПБ 42.15-8	4180	1500	220	2,35	1,00	800
ПБ 48.12-8	4780	1200	220	2,15	0,92	800
ПБ 48.15-8	4780	1500	220	2,65	1,14	800
ПБ 54.12-8	5380	1200	220	2,40	1,03	800
ПБ 54.15-8	5380	1500	220	2,95	1,28	800
ПБ 60.12-8	5980	1200	220	2,65	1,15	800
ПБ 60.15-8	5980	1500	220	3,25	1,42	800
ПБ 63.12-8	6280	1200	220	2,80	1,21	800
ПБ 63.15-8	6280	1500	220	3,45	1,50	800
ПБ 66.12-8	6580	1200	220	2,90	1,26	800
ПБ 66.15-8	6580	1500	220	3,60	1,58	800
ПБ 72.12-8	7180	1200	220	3,15	1,38	800
ПБ 72.15-8	7180	1500	220	3,90	1,71	800

Таблица 4. Доборные плиты и монолитные участки

Тип элемента	Обозначение	Размеры, мм	Применение
Плита доборная	ПД	600–1200 × 1200/1500	При неполном заполнении пролета
Монолитный участок	МУ	Индивидуальный	При невозможности укладки плит
Участок монолитный с	МУВ	Индивидуальный	При пропуске

вентканалом			вентиляции
-------------	--	--	------------

4. Конструктивные требования

Таблица 5. Минимальная глубина опирания плит

Тип стен	Минимальная глубина опирания, мм
Кирпичные стены	120
Керамзитобетонные блоки	100
Газобетонные блоки	150
Железобетонные ригели	80

Таблица 6. Допустимые зазоры между плитами

Тип зазора	Размер, мм
Монтажный зазор между плитами	10–20
Зазор между плитой и стеной	20–30
Температурный шов	30–50

5. Порядок выполнения работы

5.1. Подготовительный этап

1. На листе миллиметровой бумаги формата А3 или А2 начертить координационные оси здания в масштабе 1:100 или 1:200.

2. Обозначить оси:

– Продольные – буквами А, Б, В, Г...

– Поперечные – цифрами 1, 2, 3, 4...

3. Нанести контуры несущих стен (или линии опирания плит) тонкими линиями с указанием толщины.

5.2. Определение размеров плит

1. Определить длину плит перекрытия:

$L_{\text{плиты}} = L_{\text{пролета}} - 2 \times (\text{привязка стены}) - 2 \times \Delta$

где Δ – зазор между стеной и плитой (10–20 мм).

2. Определить номинальную длину плиты – округлить до ближайшего стандартного значения по таблицам 2 или 3.

3. Записать конструктивную длину плиты (номинальная минус 20 мм на зазоры).

5.3. Выполнение раскладки плит

1. Определить ширину перекрываемого пролета в осях.

2. Подобрать плиты основной ширины (1200 мм, 1500 мм) для максимального заполнения пролета.

3. Выполнить раскладку плит, начиная от одной из стен:

– Плиты основной ширины укладываются в первую очередь

– Оставшийся промежуток заполняется доборными плитами или монолитным участком

– Обеспечить симметричное расположение плит относительно осей

4. При наличии отверстий (вентканалы, сантехнические) предусмотреть:

– Плиты с отверстиями (заказываются отдельно)

– Монолитные участки с пропуском отверстий

5. Обозначить монолитные участки штриховкой и маркировкой.

5.4. Определение марок плит

1. Для каждой плиты определить марку по таблицам 2 или 3:

ПК (ширина) (длина) – (нагрузка)

Например: ПК 60.15-8 – плита длиной 5980 мм, шириной 1490 мм, под нагрузку 800 кг/м².

2. Для доборных плит использовать марку ПД с указанием размеров.

3. Для монолитных участков использовать марку МУ с порядковым номером.

5.5. Нанесение марок и размеров

1. На схеме нанести марки плит (например, ПК60.15, ПК60.12, ПД, МУ-1).

2. Нанести размеры:

- Расстояния между координационными осями
- Привязку стен к осям
- Габаритные размеры плит
- Размеры монолитных участков
- Ширину зазоров (при необходимости)

5.6. Выполнение узлов

1. Вычертить узел опирания плиты на стену в масштабе 1:10 или 1:20.

2. На узле показать:

- Стену с обмерами
- Плиту перекрытия
- Глубину опирания
- Зазор между плитой и стеной
- Анкеровку плит
- Армирование шва (при необходимости)

3. Указать размеры и отметки.

5.7. Составление спецификации

1. Составить спецификацию плит перекрытия на одно перекрытие.

2. В спецификации указать:

- Марку плиты
- Размеры (длина × ширина × высота)
- Количество
- Массу одной плиты
- Общую массу
- Объем бетона

6. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Схему расположения плит перекрытия (графическая часть) – формат А3.

На схеме должны быть:

- Координационные оси с маркировкой
- Контуры несущих стен
- Плиты перекрытия с марками

- Монолитные участки (с штриховкой)
 - Размеры между осями
 - Размеры монолитных участков
 - Выноски узлов
4. Узлы опирания плит (графическая часть) – формат А4.

На узлах указать:

- Глубину опирания
- Привязку к оси
- Конструкцию стены
- Анкеровку плит

5. Спецификацию плит перекрытия (Форма 1).

Форма 1. Спецификация плит перекрытия на этаж

Позиция	Марка	Сечение, мм	Длина, мм	Кол-во	Масса ед., т	Общая масса, т	Объем бетона, м ³	Примечание
1								
2								
...								

6. Ведомость монолитных участков (Форма 2).

Форма 2. Ведомость монолитных участков

Марка участка	Размеры, мм	Площадь, м ²	Объем бетона, м ³	Количество	Примечание
МУ-1					
МУ-2					

7. Выводы по работе:

- Обоснование принятой раскладки плит
- Характеристика подобранных плит
- Особенности опирания плит
- Рекомендации по монтажу

7. Контрольные вопросы

1. Какие типы плит перекрытия применяются в строительстве?
2. Как расшифровывается марка плиты ПК 60.15-8?
3. Как определяется длина плиты перекрытия?
4. Какая минимальная глубина опирания плит на кирпичные стены?
5. Что такое доборные плиты и когда они применяются?
6. Как выполняются монолитные участки перекрытия?
7. Как обеспечивается совместная работа плит перекрытия?
8. Какие требования предъявляются к раскладке плит?
9. Для чего выполняется анкеровка плит перекрытия?
10. Как на схеме расположения плит обозначаются монолитные участки?

Практическое занятие № 13

Конструирование и расчёт лестницы, лестничной клетки

Целью работы является приобретение практических навыков конструирования и расчета двухмаршевой лестницы для жилого или общественного здания, освоение методики определения геометрических параметров лестничной клетки, выполнение графических построений плана и разреза лестницы, а также составление спецификации элементов лестницы

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Тип здания	Высота этажа Н, мм	Ширина лестничного марша, мм	Ширина лестничной площадки, мм	Размеры ступени (предварительно)	Уклон лестницы	Материал	Наличие лифта
1	Жилой дом	2800	1050	1200	150×300	1:2	Сборный ж/б	Нет
2	Жилой дом	3000	1150	1300	150×300	1:2	Сборный ж/б	Нет
3	Жилой дом	3300	1200	1400	150×300	1:2	Сборный ж/б	Есть
4	Общественное здание	3600	1350	1500	150×300	1:2	Монолитный ж/б	Есть
5	Общественное здание	4200	1500	1600	150×300	1:2	Монолитный ж/б	Есть
6	Школа	3300	1350	1500	150×300	1:2	Сборный ж/б	Нет
7	Административное	3600	1500	1600	150×300	1:2	Монолитный ж/б	Есть
8	Жилой дом	3000	1150	1300	150×300	1:2	Деревянная	Нет
9	Коттедж	2800	900	1000	150×280	1:1,87	Деревянная	Нет

							ая	
10	Торговый центр	4000	1500	1800	150×300	1:2	Металлическая	Есть

3. Нормативные требования к лестницам

Таблица 2. Нормативные параметры лестниц по СП 1.13130.2020 и СП 54.13330.2016

Параметр	Жилые здания	Общественные здания
Минимальная ширина марша, мм	1050	1200
Максимальный уклон	1:1,5	1:2
Оптимальный уклон	1:2	1:2
Высота ступени (подступенок), мм	150–170	150–160
Ширина ступени (проступь), мм	270–300	300–330
Соотношение 2a + b	600–630	600–630
Минимальная ширина площадки, мм	Ширина марша	Ширина марша
Высота ограждения, мм	900	900
Зазор между маршами, мм	100	100

4. Параметры ступеней

Таблица 3. Соотношение размеров ступеней

Высота подступенка а, мм	Ширина проступи b, мм	Уклон	2a + b	Применение
130	340	1:2,62	600	Пандусы, входы
140	320	1:2,29	600	Детские учреждения
150	300	1:2,0	600	Оптимальные
160	280	1:1,75	600	Допустимые
170	260	1:1,53	600	Предельные
180	240	1:1,33	600	Вспомогательные

5. Типы лестничных маршей и площадок

Таблица 4. Сборные железобетонные лестничные марши (серия 1.151.1-6)

Марка марша	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Количество ступеней	Масса, т
ЛМ 27.11.14-4	2720	1050	1400	9	1,35
ЛМ 27.12.14-4	2720	1150	1400	9	1,45
ЛМ 30.11.15-4	3020	1050	1500	10	1,50
ЛМ 30.12.15-4	3020	1150	1500	10	1,60
ЛМ 33.11.16-4	3320	1050	1600	11	1,65
ЛМ 33.12.16-4	3320	1150	1600	11	1,75
ЛМ 36.11.17-4	3620	1050	1700	12	1,80
ЛМ 36.12.17-4	3620	1150	1700	12	1,90
ЛМ 39.11.18-4	3920	1050	1800	13	2,00
ЛМ 39.12.18-4	3920	1150	1800	13	2,10

Таблица 5. Лестничные площадки (серия 1.152.1-8)

Марка площадки	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, т
2ЛП 25.12-4	2500	1200	300	1,10
2ЛП 25.13-4	2500	1300	300	1,20
2ЛП 25.14-4	2500	1400	300	1,30
2ЛП 25.15-4	2500	1500	300	1,40
2ЛП 25.16-4	2500	1600	300	1,50
2ЛП 30.12-4	3000	1200	300	1,30
2ЛП 30.13-4	3000	1300	300	1,40

2ЛП 30.14-4	3000	1400	300	1,50
2ЛП 30.15-4	3000	1500	300	1,60
2ЛП 30.16-4	3000	1600	300	1,70

6. Порядок выполнения работы

6.1. Расчет лестничной клетки

1. Определить высоту марша:

$$h_{\text{марша}} = H / 2$$

где H – высота этажа, мм.

2. Определить предварительное количество подступенков в марше:

$$n_{\text{предв}} = h_{\text{марша}} / a$$

где a – предварительная высота подступенка (150 мм).

3. Округлить количество подступенков до целого числа n .

4. Уточнить высоту подступенка:

$$a = h_{\text{марша}} / n$$

Проверить условие: a должно быть в пределах 150–170 мм.

5. Определить количество проступей в марше:

$$k = n - 1$$

(количество проступей на единицу меньше количества подступенков, так как верхняя проступь совпадает с уровнем площадки)

6. Определить заложение марша (горизонтальную проекцию):

$$d = b \times k$$

где b – ширина проступи (обычно 300 мм).

7. Определить длину лестничной клетки:

$$L = d + L_{\text{эт}} + L_{\text{пр}}$$

где $L_{\text{эт}}$ – ширина этажной площадки, мм;

$L_{\text{пр}}$ – ширина промежуточной площадки, мм.

8. Определить ширину лестничной клетки:

$$Ш = 2 \times b_{\text{марша}} + 100$$

где 100 мм – зазор между маршами для пропуска пожарного рукава.

6.2. Конструирование лестницы

1. На формате А3 или А4 начертить план лестничной клетки на отметке 0.000 (на уровне первого этажа) в масштабе 1:50.

2. На плане показать:

- Стены лестничной клетки с привязкой к координационным осям
- Лестничные марши (направление подъема показать стрелкой)
- Лестничные площадки (этажные и промежуточные)
- Ограждения (условно)
- Размеры между осями, ширину маршей, ширину площадок, ширину

лестничной клетки

- Разбивку ступеней

3. Вычертить разрез по лестничной клетке в масштабе 1:50.

4. На разрезе показать:

- Стены, перекрытия, лестничные марши, площадки
- Проставить отметки уровней: пол первого этажа (0.000),

промежуточная площадка, этажная площадка, пол второго этажа

- Показать размеры по вертикали: высоту этажа, высоту маршей, размеры ступеней

- Выполнить графическую разбивку ступеней

6.3. Графическая разбивка ступеней

1. На разрезе высоту этажа разделить горизонтальными линиями по числу подступенков.

2. На плане длину марша разделить вертикальными линиями по числу проступей.

3. Полученные линии снести на разрез для построения профиля лестницы.

6.4. Подбор сборных элементов (для сборных лестниц)

1. По таблицам 4 и 5 подобрать типы лестничных маршей и площадок.

2. Учитывать:

- Длину марша (должна соответствовать заложению d)

- Ширину марша (по заданию)

- Высоту марша ($h_{\text{марша}}$)

3. Выписать марки подобранных элементов.

6.5. Конструирование ограждений

1. Определить высоту ограждения (900 мм от уровня проступи).

2. На плане и разрезе показать стойки ограждения (балясины) с шагом 900–1200 мм.

3. Показать поручень.

6.6. Оформление чертежа

1. Оформить чертеж в соответствии с требованиями СПДС.

2. Заполнить основную надпись (штамп).

3. Выполнить спецификацию элементов лестницы.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Расчетную часть (Форма 1).

Форма 1. Расчет лестничной клетки

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Высота этажа	H		мм
Высота марша	$h_{\text{марша}}$		мм
Предварительное количество подступенков	$n_{\text{предв}}$		
Принятое количество подступенков	n		
Уточненная высота подступенка	a		мм
Ширина проступи	b		мм
Количество проступей в марше	k		
Заложение марша	d		мм
Ширина этажной площадки	$L_{\text{эт}}$		мм
Ширина промежуточной площадки	$L_{\text{пр}}$		мм
Длина лестничной клетки	L		мм
Ширина марша	$b_{\text{марша}}$		мм

Ширина лестничной клетки	Ш		мм
Проверка $2a + b$			мм

4. План лестничной клетки (графическая часть) – формат А3 или А4, масштаб 1:50.

5. Разрез по лестничной клетке (графическая часть) – формат А3 или А4, масштаб 1:50.

6. Спецификацию элементов лестницы (Форма 2).

Форма 2. Спецификация элементов лестницы

Позиция	Марка	Наименование	Размеры, мм	Кол-во	Масса ед., кг	Примечание
1		Лестничный марш		2		
2		Площадка этажная		2		
3		Площадка промежуточная		1		
4		Ограждение		2		
5		Поручень				

7. Ведомость расходов материалов (Форма 3).

Форма 3. Ведомость расхода материалов

Материал	Ед. изм.	Количество	Примечание
Бетон	м ³		
Сталь арматурная	кг		
Металлопрокат (ограждения)	кг		

8. Выводы по работе:

– Соответствие запроектированной лестницы нормативным требованиям

– Обеспечение безопасной эвакуации

– Особенности конструктивного решения

– Рекомендации по монтажу

8. Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к эвакуационным лестницам в жилых и общественных зданиях?

2. Что такое формула безопасности лестницы ($2a + b$) и для чего она нужна?

3. Почему количество проступей в марше на единицу меньше количества подступенков?

4. От чего зависит ширина лестничных площадок?

5. Как обеспечивается необходимая ширина лестничной клетки при двухмаршевой лестнице?

6. Какие типы лестниц применяются в строительстве?

7. Как определяется уклон лестницы?

8. Какие требования предъявляются к ограждениям лестниц?

9. Как на чертеже показывается направление подъема марша?

10. Какие нормативные документы регламентируют проектирование лестниц?

Практическое занятие № 1

Сбор нагрузок на конструкции зданий: плит покрытия и перекрытия, фундамент.

Целью работы является приобретение практических навыков сбора нагрузок, действующих на несущие конструкции здания, освоение методики определения постоянных и временных нагрузок, изучение правил применения коэффициентов надежности по нагрузке и составления расчетных таблиц.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Район строительства	Этажность	Высота этажа, м	Шаг колонн (пролет), м	Состав покрытия	Состав перекрытия	Тип здания
1	Москва	5	2,7	6,0 × 6,0	4 слоя рубероида, асфальтобетон 20 мм, ячеистый бетон 100 мм, ж/б плита 160 мм	Линолеум 4 мм, мастика 2 мм, ц/п стяжка 10 мм, ж/б плита 160 мм	Жилое
2	Санкт-Петербург	4	2,7	6,1 × 6,1	Гравий 12 мм, 4 слоя рубероида, ц/п стяжка 15 мм, керамзитобетон 70 мм, ж/б плита 220 мм	Паркет 19 мм, мастика 2 мм, ц/п стяжка 10 мм, керамзитобетон 25 мм, ж/б плита 220 мм	Жилое
3	Екатеринбург	6	2,7	6,2 ×	3 слоя	Керамическ	Обществен

	ург			6,2	рубероида, литой асфальтобетон 30 мм, гранулированные шлаки 60 мм, ребристая плита 60 мм	ая плитка 8 мм, ц/п стяжка 15 мм, шлакобетон 20 мм, ребристая плита 60 мм	ное
4	Новосибирск	3	2,7	5,8 × 5,8	Мраморная крошка 10 мм, 4 слоя рубероида, ц/п стяжка 10 мм, шлакобетон 35 мм, плоская плита 100 мм	ПВХ плитка 4 мм, ц/п раствор 200 мм, 2 слоя толя, плоская плита 100 мм	Жилое
5	Казань	7	2,7	5,4 × 5,4	Гравий 12 мм, 4 слоя рубероида, ц/п стяжка 15 мм, керамзитобетон 70 мм, многопустотная плита 220 мм	Дощатый пол 29 мм, лаги 50×60 через 400 мм, прокладки из рубероида, многопустотная плита 220 мм	Жилое
6	Нижний Новгород	8	2,7	6,5 × 6,5	Мраморная крошка 10 мм, 4 слоя рубероида, ц/п стяжка 10 мм, шлакобетон 35 мм, плоская плита 100 мм	Линолеум 4 мм, черный пол 25 мм, лаги 40×70 через 300 мм, минвата 30 мм, плоская плита 100 мм	Общественное
7	Самара	8	2,7	6,6 × 6,6	Гравий 12 мм, 4 слоя рубероида, ц/п стяжка 15 мм, керамзитобетон 70 мм, многопустотная плита 220 мм	Паркет 19 мм, мастика 2 мм, ц/п стяжка 10 мм, керамзитобетон 25 мм, многопустотная плита 220 мм	Жилое
8	Ростов-на-Дону	5	2,7	6,5 × 6,5	3 слоя рубероида, литой	Керамическая плитка 8 мм, ц/п	Общественное

					асфальтобетон 30 мм, гранулированные шлаки 60 мм, ребристая плита 60 мм	стяжка 15 мм, шлакобетон 20 мм, ребристая плита 60 мм	
9	Уфа	5	2,7	6,0 × 6,0	Мраморная крошка 10 мм, 4 слоя рубероида, ц/п стяжка 10 мм, шлакобетон 35 мм, плоская плита 100 мм	ПВХ плитка 4 мм, ц/п раствор 200 мм, 2 слоя толя, плоская плита 100 мм	Жилое
10	Красноярск	5	2,7	5,6 × 5,6	Гравий 12 мм, 4 слоя рубероида, ц/п стяжка 15 мм, керамзитобетон 70 мм, многопустотная плита 220 мм	Дощатый пол 29 мм, лаги 50×60 через 400 мм, прокладки из рубероида, многопустотная плита 220 мм	Жилое

3. Нормативно-справочные данные

Таблица 2. Плотность строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Удельный вес, кН/м ³
Железобетон	2500	25
Цементно-песчаный раствор	1800	18
Керамзитобетон	1200	12
Газобетон, пенобетон	600	6
Кирпич керамический	1800	18
Древесина (сосна)	500	5
Рубероид, пергамин	600	6
Гравий, щебень	1600	16
Шлак гранулированный	800	8
Асфальтобетон	2100	21
Линолеум	1600	16
Паркет	700	7
Керамическая плитка	2000	20
Минеральная вата	200	2
Пенополистирол	35	0,35
Стекловата	125	1,25

Таблица 3. Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f

Вид нагрузки	γ_f
Постоянные нагрузки	
Железобетонные конструкции (заводские)	1,1
Железобетонные конструкции (монолитные)	1,2

Бетонные, цементные, гипсовые стяжки	1,3
Деревянные конструкции	1,1
Утеплители, засыпки	1,3
Рулонные кровельные материалы	1,2
Выравнивающие слои	1,3
Временные нагрузки	
Равномерно распределенные нагрузки (жилые)	1,3
Равномерно распределенные нагрузки (общественные)	1,4
Снеговая нагрузка	1,4
Ветровая нагрузка	1,4

Таблица 4. Нормативные значения временных нагрузок

Тип помещения	Нормативная нагрузка, кН/м ²
Жилые помещения	1,5
Общественные здания (офисы, административные)	2,0
Торговые залы	4,0
Спортивные залы	5,0
Кровля (эксплуатируемая)	1,5
Кровля (неэксплуатируемая)	0,7
Балконы, лоджии	2,0
Лестницы	3,0

Таблица 5. Снеговые нагрузки по районам (СП 20.13330.2016)

Снеговой район	Нормативная снеговая нагрузка, кН/м ²
I	0,5
II	1,0
III	1,5
IV	2,0
V	2,5
VI	3,0
VII	3,5
VIII	4,0

Таблица 6. Соответствие городов снеговому району

Город	Снеговой район
Москва	III
Санкт-Петербург	III
Екатеринбург	IV
Новосибирск	V
Казань	IV
Нижний Новгород	IV
Самара	IV
Ростов-на-Дону	II
Уфа	V
Красноярск	V

4. Порядок выполнения работы

4.1. Сбор нагрузок на 1 м² покрытия

1. Вычертить расчетную схему кровли (разрез по покрытию) с указанием всех слоев и их толщин согласно варианту задания.

2. Определить нормативные нагрузки от каждого слоя по формуле:

$$q_n = \rho \times g \times t$$

где ρ – плотность материала, кг/м³;
 g – ускорение свободного падения (10 м/с²);
 t – толщина слоя, м.

Для удобства можно использовать удельный вес в кН/м³:

$$q_n = \gamma \times t$$

где γ – удельный вес материала, кН/м³ (по таблице 2).

3. Определить расчетные нагрузки умножением нормативных значений на соответствующие коэффициенты надежности γ_f .

4. Определить снеговую нагрузку для заданного района строительства по таблицам 5 и 6.

5. Результаты свести в таблицу по форме 1.

4.2. Сбор нагрузок на 1 м² перекрытия

1. Вычертить расчетную схему пола с указанием всех слоев согласно варианту задания.

2. Определить нормативные и расчетные нагрузки от каждого слоя конструкции пола аналогично п. 4.1.

3. Определить временную нагрузку на перекрытие по таблице 4 в зависимости от типа здания.

4. Результаты свести в таблицу по форме 2.

4.3. Определение грузовой площади для фундамента

1. Определить грузовую площадь для внутренней колонны (или для ленточного фундамента на 1 погонный метр):

$$\text{Для колонны: } A_{гр} = L_1 \times L_2$$

$$\text{Для ленточного фундамента: } A_{гр} = L \times 1 \text{ п.м.}$$

где L_1, L_2 – пролеты (шаг колонн) в двух направлениях, м.

2. Вычертить схему с указанием грузовой площади.

4.4. Сбор нагрузок на фундамент

1. Определить нагрузку от покрытия на 1 м² (из п. 4.1).

2. Определить нагрузку от перекрытия на 1 м² (из п. 4.2).

3. Определить нагрузку от собственного веса стен (для несущих стен):

$$G_{стен} = \gamma_{стен} \times t_{стен} \times H_{эт} \times n \times (\text{длина участка})$$

где $\gamma_{стен}$ – удельный вес материала стен, кН/м³;
 $t_{стен}$ – толщина стены, м;

$H_{эт}$ – высота этажа, м;

n – количество этажей.

4. Определить нагрузку от собственного веса фундаментных блоков (ориентировочно 20–30 кН/п.м.).

5. Выполнить сбор нагрузок на фундамент по форме 3.

4.5. Определение нагрузок с учетом коэффициента сочетания

Для многоэтажных зданий временные нагрузки на перекрытия следует умножать на коэффициент сочетания ψ :

$$\psi = 0,3 + 0,6 / \sqrt{n} \text{ (но не менее } 0,4)$$

где n – количество этажей.

5. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Расчетные схемы покрытия и перекрытия (эскизы).

4. Сбор нагрузок на покрытие (Форма 1).

Форма 1. Сбор нагрузок на 1 м² покрытия

№ п/п	Вид нагрузки	Подсчет	Нормативная нагрузка, кН/м ²	γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м ²
1	Постоянные нагрузки				
1.1	Слой (наименование) 1	$\gamma \times t$			
1.2	Слой (наименование) 2	$\gamma \times t$			
...			
	Железобетонная плита	$\gamma \times t$		1,1	
	Итого постоянная	Σ	$g_n, \text{покр}$		$g_r, \text{покр}$
2	Временные нагрузки				
2.1	Снеговая (район ...)	по табл. 5	S_n	1,4	S_r
	Всего на покрытие		$q_n, \text{покр}$		$q_r, \text{покр}$

5. Сбор нагрузок на перекрытие (Форма 2).

Форма 2. Сбор нагрузок на 1 м² перекрытия

№ п/п	Вид нагрузки	Подсчет	Нормативная нагрузка, кН/м ²	γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м ²
1	Постоянные нагрузки				
1.1	Слой (наименование) 1	$\gamma \times t$			
1.2	Слой (наименование) 2	$\gamma \times t$			
...			
	Железобетонная плита	$\gamma \times t$		1,1	
	Итого постоянная	Σ	$g_n, \text{пер}$		$g_r, \text{пер}$
2	Временные нагрузки				
2.1	Полезная (на перекрытие)	по табл. 4	v_n	1,3/1,4	v_r
	Всего на перекрытие		$q_n, \text{пер}$		$q_r, \text{пер}$

6. Схема грузовой площади (эскиз).

7. Сбор нагрузок на фундамент (Форма 3).

Форма 3. Сбор нагрузок на фундамент (на 1 погонный метр или на колонну)

№ п/п	Вид нагрузки	Подсчет	Нормативная нагрузка, кН	γ_f	Расчетная нагрузка, кН
1	От покрытия	$q_{\text{покр}} \times A_{\text{гр}}$			
2	От перекрытий (n-1 этажей)	$q_{\text{пер}} \times A_{\text{гр}} \times (n-1)$			

3	От стен (при наличии)	$\gamma \times t \times H \times L$		1,1	
4	От фундамента	ориентировочно		1,1	
	Итого	Σ	N_H		N_p

8. Определение коэффициента сочетания (при необходимости):

$$\psi = \dots$$

Скорректированная временная нагрузка: $v_{p.скор} = v_p \times \psi$

9. Выводы по работе:

- Значения суммарных нагрузок на фундамент
- Доля постоянной и временной нагрузки
- Соответствие полученных нагрузок нормативным требованиям
- Рекомендации по дальнейшему расчету конструкций

6. Контрольные вопросы

1. Чем отличается нормативная нагрузка от расчетной?
2. Для чего вводится коэффициент надежности по нагрузке γ_f ?
3. Какие нагрузки относятся к постоянным, а какие – к временным?
4. Как определить снеговую нагрузку для заданного района строительства?
5. Что такое грузовая площадь и как она определяется?
6. Как учитываются нагрузки от перегородок при сборе нагрузок?
7. С какой целью применяют коэффициенты сочетания нагрузок?
8. Почему для стяжек и засыпок коэффициент надежности выше, чем для заводских железобетонных изделий?
9. Как изменяется нагрузка на фундамент при увеличении количества этажей?
10. Какие нормативные документы регламентируют порядок сбора нагрузок?

Практическое занятие № 2

Расчёт и конструирование центрально – сжатой железобетонной колонны. Конструирование узлов соединения.

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта и конструирования центрально-сжатой железобетонной колонны многоэтажного здания, освоение методики определения площади сечения арматуры, подбора размеров поперечного сечения, выполнения рабочих чертежей и конструирования узлов сопряжения колонны с фундаментом и ригелями .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Высота этажа Н, м	Сетка колонн, м	Количество этажей	Нагрузка на перекрытие, кН/м ²	Класс бетона	Класс арматуры	Район строительства	Тип фундамента
1	3,3	6,0 × 6,0	5	12,0	B20	A400	Москва	Стаканного типа

2	3,6	6,0 × 4,5	4	15,0	B25	A400	Санкт-Петербург	Монолитный
3	3,0	5,4 × 5,4	6	10,0	B15	A300	Казань	Стаканного типа
4	3,9	7,2 × 6,0	3	20,0	B30	A500	Новосибирск	Монолитный
5	3,3	6,6 × 6,6	5	8,0	B20	A400	Екатеринбург	Стаканного типа
6	3,6	6,0 × 7,2	4	18,0	B25	A500	Нижний Новгород	Монолитный
7	3,0	5,0 × 5,0	7	9,0	B15	A300	Самара	Стаканного типа
8	3,9	7,5 × 6,0	3	22,0	B30	A500	Ростов-на-Дону	Монолитный
9	3,3	6,0 × 5,0	5	14,0	B20	A400	Уфа	Стаканного типа
10	3,6	6,0 × 6,0	6	16,0	B25	A500	Красноярск	Монолитный

3. Нормативно-справочные материалы

Таблица 2. Расчетные сопротивления бетона (СП 63.13330.2018)

Класс бетона	R _b (МПа) – сжатие осевое	R _{bt} (МПа) – растяжение осевое	E _b (МПа) – начальный модуль упругости
B15	8,5	0,75	24 000
B20	11,5	0,90	27 500
B25	14,5	1,05	30 000
B30	17,0	1,15	32 500
B35	19,5	1,30	34 500

Таблица 3. Расчетные сопротивления арматуры (СП 63.13330.2018)

Класс арматуры	R _s (МПа) – растяжение	R _{sc} (МПа) – сжатие	E _s (МПа) – модуль упругости
A240	215	215	200 000
A300	270	270	200 000
A400	350	350	200 000
A500	435	400	200 000

Таблица 4. Плотность материалов и коэффициенты надежности

Параметр	Значение
Плотность железобетона	25 кН/м ³
Коэффициент надежности по нагрузке γ _f (собственный вес)	1,1
Коэффициент надежности по нагрузке γ _f (перекрытия)	1,3
Коэффициент надежности по нагрузке γ _f (снег)	1,4
Коэффициент надежности по ответственности γ _p	1,0

4. Порядок выполнения работы

4.1. Сбор нагрузок на колонну

1. Определить грузовую площадь для внутренней колонны:

$$A_{гр} = L_1 \times L_2$$

где L₁ и L₂ – пролеты (шаг колонн) в двух направлениях, м.

2. Определить нагрузку от покрытия (снеговой район определить по карте СП 20.13330.2016).

3. Определить нагрузку от перекрытия (постоянная + временная) на 1 м².

4. Определить собственный вес колонны на один этаж (предварительно задаться сечением 300×300 мм или 400×400 мм).

5. Выполнить сбор нагрузок на колонну первого этажа по форме 1.

4.2. Определение расчетной длины колонны

1. Определить расчетную длину колонны:

$$l_0 = \mu \times H$$

где μ – коэффициент приведения длины :

○ для колонн многоэтажных зданий при жесткой заделке в фундаменте и шарнирном опирании в уровне перекрытий: $\mu = 1,2$

○ при жесткой заделке вверху и внизу: $\mu = 0,5$

○ при шарнирном закреплении обоих концов: $\mu = 1,0$

4.3. Предварительный подбор сечения колонны

1. Задаться процентом армирования $\mu = 0,01$ (1%).

2. Определить требуемую площадь сечения бетона:

$$A_{tr} = N / (\varphi \times (R_b + \mu \times R_{sc}))$$

где φ – коэффициент продольного изгиба (предварительно принять $\varphi = 0,8-0,9$).

3. Принять размеры сечения колонны (квадратное или прямоугольное), округлив кратно 50 мм.

4.4. Расчет колонны по прочности

1. Определить фактическую площадь сечения $A = b \times h$.

2. Определить радиус инерции сечения:

$$i = 0,289 \times h \text{ (для квадратного сечения)}$$

3. Определить гибкость колонны:

$$\lambda = l_0 / i$$

4. Определить коэффициент продольного изгиба φ по таблице 5 (интерполяцией).

5. Уточнить требуемую площадь арматуры:

$$A_{tr} = (N - \varphi \times R_b \times A) / (\varphi \times R_{sc})$$

6. Проверить процент армирования:

$$\mu = A_{tr} / A \times 100\%$$

Полученное значение должно находиться в пределах: $\mu_{min} = 0,25\% \leq \mu \leq \mu_{max} = 3\%$.

Таблица 5. Коэффициент продольного изгиба φ

λ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
φ	0,99	0,96	0,93	0,89	0,84	0,79	0,73	0,67	0,61	0,55

4.5. Конструирование колонны

1. По сортаменту арматуры подобрать диаметр и количество продольных стержней:

○ Количество стержней – не менее 4 (по углам сечения)

○ Диаметр стержней – не менее 12 мм

○ Стержни расположить симметрично по периметру сечения

2. Назначить поперечную арматуру (хомуты):

- Диаметр хомутов – не менее 0,25 диаметра продольной арматуры и не менее 6 мм
 - Шаг хомутов – не более 20 диаметров продольной арматуры и не более 500 мм
 - В приопорных зонах (на длине не менее h) шаг хомутов уменьшается до 10–15 диаметров
3. Определить толщину защитного слоя бетона:
- Для продольной арматуры – не менее диаметра стержня и не менее 20 мм
 - Для поперечной арматуры – не менее 10 мм

4.6. Конструирование узлов соединения

Узел 1: Сопряжение колонны с фундаментом

1. Определить глубину заделки колонны в фундамент:

- Для сборных колонн – не менее 1,2–1,5 высоты сечения колонны
- Для монолитных – по расчету на продавливание

2. Вычертить узел сопряжения с указанием:

- Закладных деталей или выпусков арматуры
- Оголовка фундамента
- Гидроизоляции

Узел 2: Стык колонн по высоте

1. Выбрать тип стыка: контактный (с плоскими торцами) или с центрирующей прокладкой .

2. Для контактного стыка предусмотреть:

- Сварку выпусков арматуры через накладки
- Омоноличивание стыка бетоном класса не ниже В25

Узел 3: Сопряжение колонны с ригелем

1. Выбрать тип узла: жесткий (рамный) или шарнирный.

2. Для жесткого узла предусмотреть:

- Выпуски арматуры из колонны для соединения с арматурой ригеля
- Замкнутые хомуты в зоне узла с шагом не более 100 мм
- Дополнительное косвенное армирование

5. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Сбор нагрузок на колонну (Форма 1).

Форма 1. Сбор нагрузок на колонну первого этажа

№ п/п	Вид нагрузки	Подсчет	Нормативная нагрузка, кН	γ_f	Расчетная нагрузка, кН
1	От покрытия	$q_{покp} \times A_{гр}$			
2	От перекрытий (n-1 этажей)	$q_{пер} \times A_{гр} \times (n-1)$			
3	От собственного веса колонн	$\gamma_{ж/б} \times b \times h \times H \times n$		1,1	
	Итого	Σ	N_H		N_p

4. Расчет колонны (Форма 2).

Форма 2. Расчет центрально-сжатой колонны

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Расчетная нагрузка	N		кН
Расчетная длина	l_0		м
Размеры сечения	$b \times h$		мм
Площадь сечения	A		мм ²
Гибкость колонны	λ		
Коэффициент продольного изгиба	φ		
Требуемая площадь арматуры	A _s		мм ²
Процент армирования	μ		%

5. Спецификация арматуры на одну колонну (Форма 3).

Форма 3. Спецификация арматуры на одну колонну

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во, шт	Длина, м	Масса, кг
1		Продольная арматура Ø... A...			
2		Хомуты Ø... A...			
		Итого:			

6. Чертежи (графическая часть) – формат А3 или А4:

- Схема армирования колонны (поперечное сечение и продольный разрез)

- Узел сопряжения колонны с фундаментом

- Узел стыка колонн по высоте

- Узел сопряжения колонны с ригелем

7. Выводы по работе:

- Соответствие запроектированной колонны требованиям норм

- Достаточность принятого армирования

- Расход материалов на одну колонну

- Рекомендации по монтажу и бетонированию

6. Контрольные вопросы

1. Какие колонны относятся к центрально-сжатым и какие условия для этого необходимы?

2. Как определяется расчетная длина колонны в зависимости от условий закрепления концов?

3. Каковы минимальный и максимальный проценты армирования для железобетонных колонн?

4. Как учитывается гибкость колонны при расчете на прочность?

5. Какие требования предъявляются к поперечному армированию (хомутам) колонн?

6. Как обеспечивается совместная работа колонны с фундаментом?

7. Какие типы стыков сборных колонн существуют и как они конструируются?

8. Для чего в узлах сопряжения колонн с ригелями устанавливают дополнительные хомуты?

Практическое занятие № 3

Расчёт и конструирование многопустотной железобетонной плиты перекрытия

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта и конструирования сборной железобетонной многопустотной плиты перекрытия, освоение методики определения внутренних усилий, подбора продольной и поперечной арматуры, а также выполнения рабочих чертежей плиты.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Номинальная ширина плиты b_n , мм	Номинальная длина плиты L , м	Класс бетона	Класс арматуры	Назначение здания	Район строительства	Высота плиты h , мм	Кол-во пустот
1	1200	6,0	B20	A400	Жилое	Москва	220	6
2	1500	6,3	B25	A500	Офисное	Санкт-Петербург	220	7
3	1000	5,4	B20	A400	Жилое	Казань	220	5
4	1200	7,2	B30	A500	Торговое	Новосибирск	220	6
5	1500	6,6	B25	A400	Жилое	Екатеринбург	220	7
6	1200	5,7	B20	A500	Учебное	Нижний Новгород	220	6
7	1000	6,0	B25	A400	Жилое	Самара	220	5
8	1500	7,0	B30	A500	Административное	Ростов-на-Дону	220	7
9	1200	6,3	B20	A400	Жилое	Уфа	220	6
10	1000	5,8	B25	A500	Офисное	Красноярск	220	5

3. Конструктивные параметры плиты

Таблица 2. Параметры многопустотной плиты

Параметр	Значение
Высота плиты h	220 мм
Диаметр пустот d_p	159 мм
Толщина верхней полки $h'f$	30 мм
Толщина нижней полки hf	25 мм
Толщина промежуточных ребер	30 мм
Количество пустот	по ширине плиты
Глубина опирания	120 мм

Таблица 3. Соотношение ширины плиты и количества пустот

Ширина плиты, мм	Количество пустот	Расстояние между пустотами, мм
1000	5	170
1200	6	170
1500	7	190

4. Состав перекрытия и нагрузки

Таблица 4. Состав перекрытия и нормативные нагрузки

Назначение здания	Состав пола	Толщина слоёв, мм	Плотность, кг/м ³	Временная нагрузка, кН/м ²
Жилое	Линолеум на мастике	5	1600	1,5
	ДВП	7	700	
	Звукоизоляция (минплита)	40	200	
Офисное/Административное	Паркет	19	700	2,0
	Мастика	2	1000	
	Цементно-песчаная стяжка	30	1800	
Торговое	Керамическая плитка	8	2000	4,0
	Цементно-песчаная стяжка	40	1800	
	Гидроизоляция	5	600	
Учебное	Линолеум	4	1600	2,0
	Цементно-песчаная стяжка	25	1800	
	Звукоизоляция	30	200	

5. Нормативно-справочные данные

Таблица 5. Плотность материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Удельный вес, кН/м ³
Железобетон	2500	25
Цементно-песчаный раствор	1800	18
Керамическая плитка	2000	20
Линолеум	1600	16
Паркет	700	7
Минеральная вата	200	2
ДВП	700	7
Гидроизоляция	600	6

Таблица 6. Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f

Вид нагрузки	γ_f
Железобетонные конструкции	1,1
Стяжки, засыпки, выравнивающие слои	1,3
Деревянные конструкции	1,1
Утеплители	1,3
Временные нагрузки (жилые)	1,3
Временные нагрузки (общественные)	1,4

Таблица 7. Расчетные сопротивления бетона (СП 63.13330.2018)

Класс бетона	R _b (МПа) – сжатие осевое	R _{bt} (МПа) – растяжение осевое	E _b (МПа) – модуль упругости
B20	11,5	0,90	27 500
B25	14,5	1,05	30 000
B30	17,0	1,15	32 500

Таблица 8. Расчетные сопротивления арматуры (СП 63.13330.2018)

Класс	R _s (МПа) –	R _{sc} (МПа) –	E _s (МПа) – модуль
-------	------------------------	-------------------------	-------------------------------

арматуры	растяжение	сжатие	упругости
A400	350	350	200 000
A500	435	400	200 000
B500	410	360	200 000

6. Порядок выполнения работы

6.1. Сбор нагрузок на плиту

1. Составить расчётную схему покрытия пола (разрез) с указанием всех слоёв согласно варианту задания.

2. Определить нормативные нагрузки на 1 м² перекрытия:

$$q_{н,i} = \gamma_i \times t_i$$

где γ_i – удельный вес материала, кН/м³; t_i – толщина слоя, м.

3. Определить собственный вес плиты:

$$q_{н,плиты} = 25 \times h$$

4. Определить расчётные нагрузки умножением нормативных значений на коэффициенты надёжности γ_f .

5. Определить нагрузку на 1 погонный метр плиты:

$$q = (g + v) \times b_n$$

где g – расчётная постоянная нагрузка на 1 м², кН/м²;

v – расчётная временная нагрузка на 1 м², кН/м²;

b_n – номинальная ширина плиты, м.

6. Результаты свести в таблицу по форме 1.

6.2. Статический расчёт плиты

1. Определить конструктивную длину плиты:

$$L_k = L - 20$$

где L – номинальная длина плиты, мм;
20 мм – зазор между плитами.

2. Определить расчётный пролёт плиты:

$$L_0 = L_k - b_{оп} / 2$$

где $b_{оп}$ – глубина опирания плиты (120 мм).

3. Вычислить максимальные усилия:

○ Изгибающий

момент:

$$M = q \times L_0^2 / 8$$

○ Поперечная

сила:

$$Q = q \times L_0 / 2$$

6.3. Приведение сечения к тавровому

1. Определить расчётную ширину сжатой полки $b'f$:

$$b'f = b_n \text{ (при отношении } h'f/h \geq 0,1)$$

2. Определить расчётную ширину ребра:

$$b = b'f - 0,9 \times n \times d_{п}$$

где n – количество пустот; $d_{п}$ – диаметр пустот.

3. Определить рабочую высоту сечения:

$$h_0 = h - a$$

где a – расстояние от центра тяжести арматуры до растянутой грани (30–40 мм).

6.4. Расчёт прочности нормальных сечений

1. Предположить, что нейтральная ось проходит в полке, и проверить условие:

$$M \leq R_b \times b'f \times h'f \times (h_0 - 0,5 \times h'f)$$

2. Вычислить коэффициент α_m :

$$\alpha_m = M / (R_b \times b'f \times h_0^2)$$

3. По таблице 9 определить коэффициенты ξ и η .

4. Проверить условие $\xi \leq \xi_R$.

5. Определить требуемую площадь продольной арматуры:

$$A_s = M / (R_s \times \eta \times h_0)$$

Таблица 9. Значения коэффициентов ξ и η

α_m	ξ	η	α_m	ξ	η
0,01	0,01	0,995	0,15	0,16	0,920
0,02	0,02	0,990	0,17	0,19	0,905
0,03	0,03	0,985	0,20	0,22	0,890
0,05	0,05	0,975	0,25	0,29	0,855
0,07	0,07	0,965	0,30	0,37	0,815
0,10	0,11	0,945	0,35	0,45	0,775
0,12	0,13	0,935	0,40	0,55	0,725

6.5. Подбор арматуры

1. По сортаменту арматуры подобрать диаметр и количество стержней (таблица 10).

2. Определить фактическую площадь арматуры $A_{sф}$.

3. Проверить процент армирования:

$$\mu = A_{sф} / (b \times h_0) \times 100\% \geq \mu_{min} = 0,1\%$$

Таблица 10. Сортамент арматурной стали

Диаметр, мм	Площадь сечения стержней, см ²	Масса 1 м, кг			
		1 стержень	2 стержня	3 стержня	4 стержня
10	0,785	1,57	2,36	3,14	0,617
12	1,131	2,26	3,39	4,52	0,888
14	1,539	3,08	4,62	6,16	1,210
16	2,011	4,02	6,03	8,04	1,580
18	2,545	5,09	7,64	10,18	1,998
20	3,142	6,28	9,42	12,56	2,466
22	3,801	7,60	11,40	15,20	2,984
25	4,909	9,82	14,73	19,64	3,853

6.6. Расчёт прочности наклонных сечений

1. Проверить необходимость постановки поперечной арматуры:

$$Q \leq Q_{b,min} = 0,5 \times R_{bt} \times b \times h_0$$

2. При $Q > Q_{b,min}$ выполнить расчёт поперечной арматуры:

○ Задаться диаметром хомутов (4–6 мм класса В500)

○ Определить шаг хомутов на приопорных участках:

$$S \leq h/2 \text{ и } S \leq 150 \text{ мм}$$

6.7. Конструирование плиты

1. Рабочую арматуру установить в рёбрах (обычно по 2–4 стержня в ребре).
2. Верхнюю полку армировать конструктивной сеткой из арматуры класса В500 с ячейкой 100×100 мм или 150×150 мм.
3. Поперечные стержни (хомуты) установить:
 - На опирных участках (1/4 пролёта) – с расчётным шагом
 - В средней части пролёта – с шагом не более $3/4 h$ и не более 500 мм
4. Монтажные петли установить на расстоянии $0,2–0,3L$ от торцов.

6.8. Оформление чертежа

1. Вычертить поперечное сечение плиты в масштабе 1:10 или 1:20.
2. Вычертить продольный разрез плиты в масштабе 1:20 или 1:25.
3. Вычертить узлы армирования в масштабе 1:5 или 1:10.
4. Составить спецификацию арматуры.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Сбор нагрузок на плиту (Форма 1).

Форма 1. Сбор нагрузок на 1 м² перекрытия

№ п/п	Вид нагрузки	Подсчёт	Нормативная нагрузка, кН/м ²	γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м ²
1	Постоянные нагрузки				
1.1	Слой (наименование) 1	$\gamma \times t$			
1.2	Слой (наименование) 2	$\gamma \times t$			
...			
	Собственный вес плиты	$25 \times h$		1,1	
	Итого постоянная	Σ	g_n		g
2	Временная нагрузка	по табл. 4	v_n		v
	Всего на перекрытие		q_n		q

4. Расчёт плиты (Форма 2).

Форма 2. Расчёт многопустотной плиты

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Нагрузка на 1 п.м. плиты	q		кН/м
Расчётный пролёт	L_0		м
Изгибающий момент	M		кН·м
Поперечная сила	Q		кН
Ширина сжатой полки	$b'f$		мм
Ширина ребра	b		мм
Рабочая высота	h_0		мм

Коэффициент α_m	α_m		
Коэффициент η	η		
Требуемая площадь арматуры	A_s		мм ²
Принятая арматура			
Фактическая площадь	$A_{sф}$		мм ²
Процент армирования	μ		%

5. Спецификация арматуры на одну плиту (Форма 3).

Форма 3. Спецификация арматуры на одну плиту

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во, шт	Длина, м	Масса, кг
1		Продольная арматура Ø... А...			
2		Поперечные стержни Ø... В500			
3		Сетка С1 (верхняя) Ø... В500			
4		Монтажная петля Ø... А240			
		Итого:			

6. Чертежи (графическая часть) – формат А3 или А4:

- Поперечное сечение плиты (масштаб 1:10)
- Продольный разрез плиты (масштаб 1:20)
- Узел армирования (масштаб 1:5)
- Деталь монтажной петли

7. Выводы по работе:

- Соответствие запроектированной плиты требованиям норм
- Достаточность принятого армирования
- Расход арматуры на одну плиту
- Рекомендации по монтажу и бетонированию

8. Контрольные вопросы

1. Каковы преимущества многопустотных плит перед сплошными?
2. Как определяется расчётный пролёт плиты при опирании на стены?
3. Почему при расчёте многопустотной плиты сечение приводится к тавровому?
4. Какие условия определяют положение нейтральной оси в тавровом сечении?
5. Как назначается шаг поперечных стержней в плите?
6. Для чего в верхней полке плиты устанавливается арматурная сетка?
7. Какие требования предъявляются к монтажным петлям?
8. Как обеспечивается анкеровка продольной арматуры на торцах плиты?

Практическое занятие № 4

Расчет и конструирование ребристой железобетонной плиты таврового сечения

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта и конструирования сборной железобетонной ребристой плиты перекрытия таврового сечения, освоение методики определения внутренних усилий, подбора продольной и поперечной арматуры, а также выполнения рабочих чертежей плиты .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ варианта	Номинальная ширина плиты b_n , мм	Номинальная длина плиты L , м	Высота плиты h , мм	Класс бетона	Класс арматуры	Назначение здания	Район строительства	Количество ребер
1	1500	6,0	400	B25	A400	Промышленное	Москва	2
2	1200	6,3	400	B30	A500	Торговое	Санкт-Петербург	2
3	1500	7,2	450	B25	A400	Складское	Казань	3
4	1200	5,4	350	B20	A400	Административное	Новосибирск	2
5	1500	6,6	400	B30	A500	Промышленное	Екатеринбург	2
6	1200	7,0	450	B25	A400	Торговое	Нижний Новгород	3
7	1500	5,8	350	B20	A400	Складское	Самара	2
8	1200	6,0	400	B30	A500	Административное	Ростов-на-Дону	2
9	1500	6,9	450	B25	A400	Промышленное	Уфа	3
10	1200	6,6	400	B30	A500	Торговое	Красноярск	2

3. Конструктивные параметры плиты

Таблица 2. Параметры ребристой плиты

Параметр	Значение
Толщина полки $h'f$	50 мм
Ширина продольного ребра понизу	70 мм
Ширина продольного ребра поверху	90 мм
Средняя ширина продольного ребра b_p	80 мм
Толщина поперечных ребер	50 мм
Высота поперечных ребер	$h - h'f$
Глубина опирания	120 мм
Количество поперечных ребер	3-4 шт.

4. Состав перекрытия и нагрузки

Таблица 3. Состав перекрытия и нормативные нагрузки

Назначение здания	Состав пола	Толщина слоёв, мм	Плотность, $кг/м^3$	Временная нагрузка, $кН/м^2$
Промышленное	Цементно-песчаная стяжка	30	1800	8,0
	Бетонный подстилающий слой	50	2200	

Торговое	Керамическая плитка	8	2000	4,0
	Цементно-песчаная стяжка	40	1800	
	Гидроизоляция	5	600	
Складское	Тяжелый бетон	80	2400	10,0
	Цементно-песчаная стяжка	30	1800	
Административное	Паркет	19	700	2,0
	Цементно-песчаная стяжка	30	1800	
	Звукоизоляция	40	200	

5. Нормативно-справочные данные

Таблица 4. Плотность материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Удельный вес, кН/м ³
Железобетон	2500	25
Цементно-песчаный раствор	1800	18
Тяжелый бетон	2400	24
Керамическая плитка	2000	20
Паркет	700	7
Гидроизоляция	600	6
Звукоизоляция	200	2

Таблица 5. Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f

Вид нагрузки	γ_f
Железобетонные конструкции	1,1
Стяжки, подстилающие слои	1,3
Отделочные слои	1,2
Временные нагрузки (промышленные)	1,3
Временные нагрузки (торговые, складские)	1,4

Таблица 6. Расчетные сопротивления бетона (СП 63.13330.2018)

Класс бетона	R _b (МПа) – сжатие осевое	R _{bt} (МПа) – растяжение осевое	E _b (МПа) – модуль упругости
B20	11,5	0,90	27 500
B25	14,5	1,05	30 000
B30	17,0	1,15	32 500

Таблица 7. Расчетные сопротивления арматуры (СП 63.13330.2018)

Класс арматуры	R _s (МПа) – растяжение	R _{sc} (МПа) – сжатие	E _s (МПа) – модуль упругости
A400	350	350	200 000
A500	435	400	200 000
B500	410	360	200 000

6. Порядок выполнения работы

6.1. Назначение конструктивных размеров плиты

1. Определить конструктивную длину плиты:

$$L_k = L - 20$$

где L – номинальная длина плиты, мм;

20 мм – зазор между плитами.

2. Определить конструктивную ширину плиты:

$$b_k = b_n - 10$$

где b_n – номинальная ширина плиты, мм;
10 мм – зазор между плитами.

3. Принять фактические размеры поперечного сечения по таблице 2.

6.2. Сбор нагрузок на плиту

1. Составить расчетную схему покрытия пола с указанием всех слоев согласно варианту задания.

2. Определить нормативные и расчетные нагрузки на 1 м² перекрытия по форме 1.

3. Определить нагрузку на 1 погонный метр плиты:

$$q = (g + v) \times b_n$$

6.3. Статический расчет плиты

1. Определить расчетный пролет плиты:

$$L_0 = L_k - b_{оп} / 2$$

где $b_{оп}$ – глубина опирания плиты (120 мм).

2. Вычислить максимальные усилия:

○ Изгибающий

МОМЕНТ:

$$M = q \times L_0^2 / 8$$

○ Поперечная

СИЛА:

$$Q = q \times L_0 / 2$$

6.4. Приведение сечения к тавровому

1. Определить расчетную ширину сжатой полки $b'f$:

$$b'f = b_k$$

(при условии $h'f/h \geq 0,1$)

2. Определить расчетную ширину ребра:

$$b = n \times b_p$$

где n – количество продольных ребер;

b_p – средняя ширина ребра.

3. Определить рабочую высоту сечения:

$$h_0 = h - a$$

где a – расстояние от центра тяжести арматуры до растянутой грани (40–50 мм).

6.5. Расчет прочности нормальных сечений

1. Предположить, что нейтральная ось проходит в полке, и проверить условие:

$$M \leq R_b \times b'f \times h'f \times (h_0 - 0,5 \times h'f)$$

2. Вычислить коэффициент α_m :

$$\alpha_m = M / (R_b \times b'f \times h_0^2)$$

3. По таблице 8 определить коэффициенты ξ и η .

4. Проверить условие $\xi \leq \xi_R$.

5. Определить требуемую площадь продольной арматуры:

$$A_s = M / (R_s \times \eta \times h_0)$$

Таблица 8. Значения коэффициентов ξ и η

α_m	ξ	η	α_m	ξ	η
0,01	0,01	0,995	0,15	0,16	0,920

0,02	0,02	0,990	0,17	0,19	0,905
0,03	0,03	0,985	0,20	0,22	0,890
0,05	0,05	0,975	0,25	0,29	0,855
0,07	0,07	0,965	0,30	0,37	0,815
0,10	0,11	0,945	0,35	0,45	0,775
0,12	0,13	0,935	0,40	0,55	0,725

6.6. Расчет полки плиты на местный изгиб

1. Определить нагрузку на полку:

$$q_{\text{полки}} = q_{\text{пола}} + g_{\text{с.в.полки}} + v$$

$$\text{где } g_{\text{с.в.полки}} = 25 \times h'f \times 1,1$$

2. Определить изгибающие моменты в полке:

○ Для плиты, заземленной по контуру:

$$M = \alpha \times q_{\text{полки}} \times a^2$$

где a – меньший пролет полки (расстояние между ребрами).

3. Определить рабочую высоту полки:

$$h_{\text{of}} = h'f - 15$$

4. Определить требуемую площадь арматуры полки на 1 м ширины:

$$A_{\text{sf}} = M / (R_s \times 0,9 \times h_{\text{of}})$$

6.7. Расчет поперечных ребер

1. Определить нагрузку на поперечное ребро:

$$q_{\text{п.р}} = q_{\text{полки}} \times a_1 + \gamma_{\text{ж/б}} \times b_{\text{п.р}} \times h_{\text{п.р}} \times 1,1$$

где a_1 – ширина грузовой площади для поперечного ребра.

2. Выполнить статический расчет поперечного ребра как балки, заземленной в продольных ребрах.

6.8. Расчет прочности наклонных сечений

1. Проверить необходимость постановки поперечной арматуры:

$$Q \leq Q_{b,\text{min}} = 0,5 \times R_{bt} \times b \times h_0$$

2. При $Q > Q_{b,\text{min}}$ определить шаг хомутов:

$$S \leq h/2 \text{ и } S \leq 150 \text{ мм (на приопорных участках)}$$

6.9. Конструирование плиты

1. Продольную рабочую арматуру установить в ребрах (по 2–3 стержня в ребре).

2. Поперечные стержни (хомуты) установить:

○ На приопорных участках (1/4 пролета) – с шагом $\leq h/2$ и ≤ 150 мм

○ В средней части пролета – с шагом $\leq 3/4 h$ и ≤ 500 мм

3. Полку армировать сварной сеткой из арматуры класса В500.

4. Монтажные петли установить на расстоянии 0,2–0,3L от торцов.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Сбор нагрузок на плиту (Форма 1).

Форма 1. Сбор нагрузок на 1 м² перекрытия

№	Вид нагрузки	Подсчёт	Нормативная	γ_f	Расчетная
---	--------------	---------	-------------	------------	-----------

п/п			нагрузка, кН/м ²		нагрузка, кН/м ²
1	Постоянные нагрузки				
1.1	Слой (наименование) 1	$\gamma \times t$			
1.2	Слой (наименование) 2	$\gamma \times t$			
...			
	Собственный вес плиты	$25 \times h$		1,1	
	Итого постоянная	Σ	g_n		g
2	Временная нагрузка	по табл. 3	v_n		v
	Всего на перекрытие		q_n		q

4. Расчет плиты (Форма 2).

Форма 2. Расчет ребристой плиты

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Нагрузка на 1 п.м. плиты	q		кН/м
Расчетный пролет	L_0		м
Изгибающий момент	M		кН·м
Поперечная сила	Q		кН
Ширина сжатой полки	$b'f$		мм
Ширина ребра	b		мм
Рабочая высота	h_0		мм
Коэффициент α_m	α_m		
Требуемая площадь арматуры ребер	A_s		мм ²
Требуемая площадь арматуры полки	A_{sf}		мм ² /м

5. Спецификация арматуры на одну плиту (Форма 3).

Форма 3. Спецификация арматуры на одну плиту

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во, шт	Длина, м	Масса, кг
1		Продольная арматура ребер $\emptyset \dots A \dots$			
2		Хомуты продольных ребер $\emptyset \dots B500$			
3		Арматура поперечных ребер $\emptyset \dots A \dots$			
4		Сетка С1 (полка) $\emptyset \dots B500$			
5		Монтажная петля $\emptyset \dots A240$			
		Итого:			

6. Чертежи (графическая часть) – формат А3:

- Поперечное сечение плиты (масштаб 1:10 или 1:20)
- Продольный разрез плиты (масштаб 1:20)
- Узел армирования (масштаб 1:5)
- План армирования полки

7. Выводы по работе:

- Соответствие запроектированной плиты требованиям норм
- Достаточность принятого армирования

- Расход арматуры и бетона на одну плиту
- Рекомендации по монтажу и бетонированию

8. Контрольные вопросы

1. Каковы особенности конструктивного решения ребристых плит перекрытия?
2. Почему фактическое сечение ребристой плиты приводится к тавровому профилю?
3. Как определяется расчетная ширина полки таврового сечения?
4. Какие условия определяют положение нейтральной оси в тавровом сечении?
5. Как выполняется расчет полки плиты на местный изгиб?
6. Какие требования предъявляются к поперечному армированию ребер?
7. Как назначается шаг хомутов в продольных ребрах?
8. Для чего в плите предусматриваются поперечные ребра?

Практическое занятие № 5

Расчёт и конструирование центрально – сжатой стальной колонны. Конструирование узлов соединения

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта и конструирования центрально-сжатой стальной колонны, освоение методики подбора сечения стержня, конструирования оголовка и базы колонны, а также выполнения рабочих чертежей с разработкой узлов соединения .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар.	Высота колонны Н, м	Продольная сила N, кН	Тип сечения	Сталь	Тип закрепления концов	Отметка верха, м	Тип базы
1	4,8	1200	Двутавр колонный	С245	Жёсткая заделка внизу, шарнир сверху	+6,000	Шарнирная
2	5,4	1800	Двутавр сварной	С255	Жёсткая заделка обоих концов	+7,200	Жёсткая
3	6,0	2500	Труба квадратная	С345	Шарнирное закрепление обоих концов	+8,400	Шарнирная
4	4,2	900	Двутавр колонный	С235	Жёсткая заделка внизу, шарнир сверху	+5,400	Шарнирная
5	5,1	1600	Двутавр	С245	Жёсткая	+6,600	Жёсткая

			сварной		заделка обоих концов		
6	6,6	3200	Двутавр колонный	S345	Шарнирное закрепление обоих концов	+9,000	Шарнирная
7	4,5	1100	Труба круглая	S255	Жёсткая заделка внизу, шарнир вверху	+5,700	Шарнирная
8	5,7	2000	Двутавр сварной	S245	Жёсткая заделка обоих концов	+7,800	Жёсткая
9	6,3	2800	Двутавр колонный	S345	Шарнирное закрепление обоих концов	+8,700	Шарнирная
10	4,0	800	Труба квадратная	S235	Жёсткая заделка внизу, шарнир вверху	+5,100	Шарнирная

3. Нормативно-справочные данные

Таблица 2. Расчетные сопротивления стали (СП 16.13330.2017)

Класс стали	Толщина проката, мм	R _y , МПа	R _s , МПа	R _p , МПа	R _{un} , МПа
S235	4–20	230	134	360	360
S235	21–40	220	128	360	360
S245	4–20	240	140	370	370
S245	21–40	230	134	370	370
S255	4–20	250	145	380	380
S255	21–40	240	140	380	380
S345	4–20	335	195	480	480
S345	21–40	325	189	470	470

Таблица 3. Модули упругости и коэффициенты

Параметр	Значение
Модуль упругости стали E	$2,06 \times 10^5$ МПа
Модуль сдвига G	$0,79 \times 10^5$ МПа
Коэффициент условий работы γ_c	1,0
Коэффициент надёжности по ответственности γ_n	1,0
Предельная гибкость для колонн $\lambda_{пред}$	120

Таблица 4. Коэффициенты приведения длины μ

Тип закрепления концов	μ
Жёсткая заделка обоих концов	0,5
Жёсткая заделка внизу, шарнир вверху	0,7
Шарнирное закрепление обоих концов	1,0
Жёсткая заделка внизу, свободный верх	2,0

4. Сортамент прокатных профилей

Таблица 5. Двутавры колонные (К) по ГОСТ 26020-83

№ профиля	h, мм	b, мм	s, мм	t, мм	A, см ²	ix, см	iy, см	Масса, кг/м
20К1	198	200	5,4	10,0	52,8	8,43	4,96	41,5
20К2	200	200	6,5	12,0	65,7	8,37	4,91	51,6
25К1	246	249	7,0	12,0	79,7	10,6	6,21	62,6
25К2	250	250	8,0	14,0	97,0	10,6	6,15	76,1
30К1	296	300	8,0	14,0	114	12,7	7,40	89,5
30К2	300	300	9,0	16,0	136	12,8	7,35	107
35К1	343	348	9,0	16,0	160	14,9	8,72	126
35К2	348	350	10,0	18,0	188	15,0	8,65	148
40К1	394	398	10,0	18,0	220	17,1	9,99	173
40К2	400	400	11,0	20,0	258	17,2	9,93	203

Таблица 6. Трубы квадратные (ГОСТ 30245-2003)

Размер, мм	t, мм	A, см ²	ix, см	iy, см	Масса, кг/м
100×100	4	15,0	3,92	3,92	11,8
120×120	5	22,7	4,70	4,70	17,8
140×140	6	31,5	5,48	5,48	24,7
160×160	6	36,4	6,28	6,28	28,6
180×180	7	47,6	7,06	7,06	37,4
200×200	8	60,2	7,85	7,85	47,3
220×220	8	66,6	8,65	8,65	52,3
250×250	9	86,4	9,81	9,81	67,8
300×300	10	114	11,8	11,8	89,5

5. Коэффициенты продольного изгиба φ

Таблица 7. Коэффициенты продольного изгиба φ центрально-сжатых элементов

Гибкость λ		φ для стали с R _y , МПа			
230–240		250–280	290–320	330–360	
10	0,988	0,987	0,985	0,984	
20	0,967	0,964	0,959	0,954	
30	0,939	0,933	0,924	0,915	
40	0,906	0,896	0,883	0,869	
50	0,869	0,855	0,836	0,818	
60	0,827	0,809	0,785	0,762	
70	0,782	0,760	0,731	0,704	
80	0,734	0,708	0,674	0,644	
90	0,683	0,654	0,617	0,585	
100	0,631	0,599	0,560	0,527	
110	0,579	0,545	0,505	0,472	
120	0,528	0,493	0,453	0,421	

6. Порядок выполнения работы

6.1. Определение расчётной длины колонны

1. Определить коэффициент приведения длины μ по таблице 4 в зависимости от условий закрепления концов.

2. Вычислить расчётную длину колонны:

$$l_{ef,x} = \mu \times H$$

$$l_{ef,y} = \mu \times H$$

6.2. Предварительный подбор сечения

1. Задаться предварительным значением коэффициента продольного изгиба $\varphi = 0,7-0,8$.

2. Определить требуемую площадь сечения:

$$A_{tr} = N / (\varphi \times R_y \times \gamma_c)$$

3. По сортаменту (таблицы 5, 6) подобрать профиль с площадью $A \geq A_{tr}$.

4. Выписать геометрические характеристики принятого сечения:

○ A – площадь сечения, $см^2$

○ i_x, i_y – радиусы инерции, $см$

6.3. Проверка устойчивости колонны

1. Вычислить фактические гибкости колонны:

$$\lambda_x = l_{ef,x} / i_x$$

$$\lambda_y = l_{ef,y} / i_y$$

2. По наибольшей гибкости λ_{max} определить фактическое значение коэффициента φ по таблице 7.

3. Выполнить проверку устойчивости колонны:

$$N / (\varphi \times A) \leq R_y \times \gamma_c$$

4. Проверить предельную гибкость:

$$\lambda_{max} \leq \lambda_{пред} = 120$$

6.4. Проверка местной устойчивости (для сварного двутавра)

1. Проверить устойчивость стенки по условию:

$$h_{ef} / t_w \leq (0,36 + 0,1 \times \lambda) \times \sqrt{(E / R_y)}$$

2. Проверить устойчивость полки по условию:

$$b_{ef} / t_f \leq 0,5 \times \sqrt{(E / R_y)}$$

6.5. Конструирование оголовка колонны

1. Определить размеры опорной плиты оголовка:

$$b_{пл} = b + 2 \times c$$

$$l_{пл} = h + 2 \times c$$

где c – свес плиты (40–60 мм).

2. Определить толщину опорной плиты из условия изгиба.

3. Рассчитать сварные швы, прикрепляющие стержень колонны к плите оголовка.

6.6. Конструирование базы колонны

1. Определить размеры опорной плиты базы из условия прочности материала фундамента:

$$A_{пл} = N / (R_{фунд} \times \psi)$$

где $R_{фунд}$ – расчётное сопротивление бетона фундамента смятию (8–10 МПа);

ψ – коэффициент (1,0–1,5).

2. Назначить толщину опорной плиты расчётом на изгиб.

3. Сконструировать траверсы (для жёсткой базы) и рассчитать их высоту и сварные швы.

4. Рассчитать анкерные болты (для жёсткого сопряжения).

6.7. Конструирование узлов сопряжения с балками

1. Выбрать узел сопряжения главных балок с колонной:

- Опираение сверху (шарнирное)
- Примыкание сбоку (жёсткое)

2. Сконструировать опорные столики и рассчитать их размеры.

3. Рассчитать сварные швы крепления опорных столиков.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Расчет колонны (Форма 1).

Форма 1. Расчет центрально-сжатой стальной колонны

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Высота колонны	H		м
Коэффициент приведения длины	μ		
Расчетная длина	l_{ef}		м
Продольная сила	N		кН
Предварительный коэффициент φ	$\varphi_{предв}$		
Требуемая площадь сечения	A_{tr}		см ²
Принятый профиль			
Площадь сечения	A		см ²
Радиус инерции i_x	i_x		см
Радиус инерции i_y	i_y		см
Гибкость λ_x	λ_x		
Гибкость λ_y	λ_y		
Наибольшая гибкость	λ_{max}		
Коэффициент φ (фактический)	φ		
Проверка устойчивости	$\sigma = N/(\varphi A)$		МПа
Расчетное сопротивление	R_y		МПа
Коэффициент использования	σ/R_y		

4. Спецификация металла на одну колонну (Форма 2).

Форма 2. Спецификация металла на одну колонну

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во, шт	Сечение, мм	Длина, мм	Масса, кг
1		Стержень колонны	1			
2		Плита оголовка	1			
3		Плита базы	1			
4		Траверса	2			
5		Ребро жесткости	4			
6		Анкерный болт	4	М...		
		Итого:				

5. Чертежи (графическая часть) – формат А3 или А4:

– Схема колонны с основными размерами (вид спереди) – масштаб 1:20

– Поперечное сечение стержня – масштаб 1:5 или 1:10

- Конструкция оголовка колонны – масштаб 1:10
 - Конструкция базы колонны – масштаб 1:10 (план и разрез)
 - Узел сопряжения колонны с балками – масштаб 1:10
6. Выводы по работе:
- Соответствие запроектированной колонны требованиям норм
 - Коэффициент использования несущей способности
 - Расход стали на колонну
 - Рекомендации по монтажу и антикоррозионной защите
8. Контрольные вопросы
1. Как определяется расчетная длина колонны при различных способах закрепления концов?
 2. Какие типы сечений применяются для центрально-сжатых стальных колонн?
 3. Как учитывается продольный изгиб при расчёте колонн?
 4. Какие существуют конструктивные решения оголовков колонн?
 5. В чём отличие шарнирной базы колонны от жёсткой?
 6. Как рассчитывается опорная плита базы колонны?
 7. Какие требования предъявляются к сварным швам в узлах колонн?
 8. Как обеспечивается совместная работа колонны с фундаментом?

Практическое занятие № 6

Расчёт сварных швов, болтовых соединений стальных конструкций

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта сварных и болтовых соединений стальных конструкций, освоение методики определения несущей способности угловых и стыковых швов, расчёта количества болтов в соединении, а также конструирования узлов с соединениями .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчёта сварных швов

№ вар.	Класс стали	Толщина фасонки t, мм	Нагрузка N, кН	Номер профиля уголка	Коэф. γ_p	Коэф. γ_c	Тип сварки
1	C375	10	800	50×5	0,9	0,95	Ручная
2	C390	12	600	63×5	0,95	1,0	Ручная
3	C375	14	400	70×5	0,8	0,95	Автоматическая
4	C390	10	240	75×6	0,9	1,0	Автоматическая
5	C235	12	250	80×6	0,95	0,95	Ручная
6	C245	14	180	90×6	0,8	1,0	Ручная
7	C255	10	150	90×7	0,9	0,95	Полуавтоматическая
8	C285	12	170	100×7	0,95	1,0	Полуавтоматическая
9	C345	14	280	100×8	0,8	0,95	Ручная
10	C375	10	400	110×8	0,9	1,0	Автоматическая

Таблица 2. Варианты исходных данных для расчёта болтовых соединений

№ вар.	Класс стали	Толщина листов tл, мм	Нагрузка N, кН	Толщина накладок и тн, мм	Класс болтов	Диаметр болтов, мм	Класс точности	Количество срезов
1	C375	5	800	3	4.6	16	B	1
2	C245	6	600	4	4.8	18	B	2
3	C390	7	400	5	5.6	20	C	1
4	C285	8	240	6	5.8	22	B	2
5	C345	9	250	7	6.6	24	B	1
6	C255	10	180	8	8.8	27	C	2
7	C235	11	150	3	10.9	30	B	1
8	C245	12	170	4	4.6	16	B	2
9	C275	13	280	5	4.8	18	C	1
10	C345	14	400	6	5.6	20	B	2

3. Нормативно-справочные данные

Таблица 3. Расчетные сопротивления проката (СП 16.13330.2017)

Класс стали	Ry, МПа	Run, МПа	Rp, МПа
C235	230	360	360
C245	240	370	370
C255	250	380	380
C275	270	400	400
C285	280	410	410
C345	335	480	480
C375	365	510	510
C390	380	530	530

Таблица 4. Расчетные сопротивления сварных соединений

Вид сварки	Электроды	Rwf, МПа	Rwz, МПа	β_f	β_z
Ручная	Э42	180	166	0,7	1,0
Ручная	Э46	200	166	0,7	1,0
Ручная	Э50	215	166	0,7	1,0
Автоматическая	Св-08ГА	215	166	1,1	1,15
Полуавтоматическая	Св-08Г2С	215	166	0,9	1,05

Таблица 5. Расчетные сопротивления болтов

Класс болтов	Rbs, МПа (срез)	Rbt, МПа (растяжение)	Rbp, МПа (смятие)
4.6	150	170	450–500
4.8	160	200	450–500
5.6	190	240	450–500
5.8	200	250	450–500
6.6	230	290	450–500
8.8	320	400	450–500
10.9	400	500	450–500

Таблица 6. Площади сечения болтов

Диаметр болта, мм	Площадь сечения Ab, см ²	Площадь сечения нетто An, см ²
16	2,01	1,57
18	2,54	1,92
20	3,14	2,45
22	3,80	3,03
24	4,52	3,52
27	5,73	4,59
30	7,06	5,60

4. Расчет сварных швов

4.1. Определение расчетных параметров

1. Определить расчетные сопротивления углового шва по металлу шва R_{wf} и по металлу границы сплавления R_{wz} .
2. Определить коэффициенты β_f и β_z по таблице 4.
3. Проверить условие:

$$\beta_f \times R_{wf} \leq \beta_z \times R_{wz}$$

4.2. Назначение катета шва

1. Определить минимальный катет шва $k_{f,min}$ по таблице 7.
 2. Определить максимальный катет шва $k_{f,max}$:
- $$k_{f,max} \leq 1,2 \times t_{min}$$
3. Принять катет шва k_f в пределах $k_{f,min} \leq k_f \leq k_{f,max}$.

Таблица 7. Минимальные катеты угловых швов $k_{f,min}$, мм

Тип соединения	Предел текучести стали, МПа	Толщина более толстого элемента, мм			
			4-5	6-10	11-16
Тавровое с двусторонними швами	До 430	4	5	6	6
Св. 430	5	6	7		
Нахлесточное и угловое	До 430	4	5	6	
Св. 430	5	6	7		

4.3. Расчет длины сварных швов

1. Определить расчетную длину шва по металлу шва:
- $$l_{wf} = N / (\beta_f \times k_f \times R_{wf} \times \gamma_c)$$
2. Определить расчетную длину шва по металлу границы сплавления:

$$l_{wz} = N / (\beta_z \times k_f \times R_{wz} \times \gamma_c)$$

3. Принять большую из полученных длин l_w .
 4. Распределить швы по перу и обушку:
 - На обушок – 70% усилия
 - На перо – 30% усилия
 5. Определить требуемую длину каждого шва:
- $$l_{w,об} = (0,7 \times N) / (\beta_f \times k_f \times R_{wf} \times \gamma_c)$$
- $$l_{w,п} = (0,3 \times N) / (\beta_f \times k_f \times R_{wf} \times \gamma_c)$$
6. Определить полную длину шва с учетом непровара:
- $$l_{полн} = l_w + 2 \times k_f$$

5. Расчет болтовых соединений

5.1. Определение несущей способности одного болта

1. Определить расчетное сопротивление болта срезу R_{bs} по таблице 5.
2. Определить расчетное сопротивление смятию R_{bp} по таблице 5.
3. Определить площадь сечения болта A_b по таблице 6.
4. Рассчитать несущую способность одного болта на срез:

$$N_{b,s} = R_{bs} \times A_b \times \gamma_c \times n_s$$

где n_s – количество плоскостей среза.

5. Рассчитать несущую способность одного болта на смятие:

$$N_{b,p} = R_{bp} \times d \times \Sigma t \times \gamma_c$$

где d – диаметр болта, мм;

Σt – наименьшая сумма толщин элементов, сминаемых в одном направлении.

6. Принять меньшую из полученных величин:

$$N_{b,min} = \min(N_{b,s}, N_{b,p})$$

5.2. Определение количества болтов

1. Определить требуемое количество болтов:

$$n_{tr} = N / (N_{b,min} \times \gamma_n)$$

2. Округлить полученное количество болтов до целого числа.

5.3. Расстановка болтов

1. Разместить болты в соответствии с конструктивными требованиями:

Минимальные расстояния между болтами:

- Между центрами болтов: $2,5d$
- От края элемента до центра болта: $2d$
- От края элемента до центра болта при смятии: $1,5d$

Максимальные расстояния между болтами:

- Между центрами болтов в крайних рядах: $8d$ или $12t_{min}$
 - От края элемента до центра болта: $4d$ или $8t_{min}$
2. Вычертить схему расстановки болтов.

6. Порядок выполнения работы

6.1. Расчет сварных швов (задание 1)

1. Определить расчетные параметры по таблицам 3 и 4.
2. Назначить катет шва k_f .
3. Рассчитать требуемую длину швов.
4. Распределить швы по перу и обушку.
5. Вычертить узел прикрепления уголков к фасонке.

6.2. Расчет болтовых соединений (задание 2)

1. Определить несущую способность одного болта.
2. Рассчитать требуемое количество болтов.
3. Выполнить расстановку болтов с соблюдением конструктивных требований.

4. Вычертить схему болтового соединения.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблицы 1 и 2 по варианту).

3. Расчет сварных швов (Форма 1).

Форма 1. Расчет сварных швов

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Нагрузка	N		кН
Расчетное сопротивление по металлу шва	R _{wf}		МПа

Расчетное сопротивление по границе сплавления	Rwz		МПа
Коэффициент β_f	β_f		
Коэффициент β_z	β_z		
Катет шва	kf		мм
Длина шва по металлу шва	lw _f		мм
Длина шва по границе сплавления	lw _z		мм
Принятая длина шва	lw		мм
Длина шва на обушок	lw,об		мм
Длина шва на перо	lw,п		мм
Полная длина шва с учетом непровара	l _{полн}		мм

4. Расчет болтового соединения (Форма 2).

Форма 2. Расчет болтового соединения

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Нагрузка	N		кН
Расчетное сопротивление болта срезу	R _{bs}		МПа
Расчетное сопротивление смятию	R _{bp}		МПа
Площадь сечения болта	A _b		см ²
Несущая способность на срез	N _{b,s}		кН
Несущая способность на смятие	N _{b,p}		кН
Минимальная несущая способность	N _{b,min}		кН
Требуемое количество болтов	n _{тр}		шт
Принятое количество болтов	n		шт

5. Чертежи (графическая часть) – формат А4:

– Узел прикрепления уголков к фасонке (сварные швы) – масштаб 1:5
или 1:10

– Схема болтового соединения с расстановкой болтов – масштаб 1:5
или 1:10

– Эскиз поперечного сечения шва

6. Выводы по работе:

- Соответствие принятых решений нормативным требованиям
- Особенности конструирования сварных и болтовых соединений
- Сравнение трудоемкости различных типов соединений

8. Контрольные вопросы

1. Какие виды сварных соединений применяются в стальных конструкциях?

2. В чём разница между расчётом по металлу шва и по границе сплавления?

3. Как распределяется усилие между швами по перу и обушку уголка?

4. Какие классы прочности болтов применяются в строительных конструкциях?

5. Как определяется несущая способность одного болта на срез и смятие?

6. Какие конструктивные требования предъявляются к расстановке болтов?

7. Как назначается минимальный катет сварного шва?

8. Что такое коэффициент условий работы соединения?

Практическое занятие № 7

Расчёт и конструирование элементов стальной стропильной фермы. Конструирование узлов

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта и конструирования элементов стальной стропильной фермы, освоение методики определения усилий в стержнях, подбора сечений элементов решётки и поясов, а также выполнения конструирования узлов фермы с разработкой рабочих чертежей .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчёта стропильной фермы

№ вар .	Пролёт фермы L, м	Шаг ферм В, м	Высота фермы h, м	Тип решётки	Уклон кровли	Класс стали	Район строительства	Тип кровли	Сечение поясов
1	18	6	2,2	Треугольная	1:3,5	C245	Москва	Холодная	Парные уголки
2	24	6	2,7	Раскосная	1:4	C255	Санкт-Петербург	Тёплая	Парные уголки
3	30	6	3,15	Треугольная	1:3	C345	Казань	Холодная	Тавры
4	36	12	3,6	Раскосная	1:5	C245	Новосибирск	Тёплая	Парные уголки
5	21	6	2,4	Треугольная	1:3,5	C255	Екатеринбург	Холодная	Парные уголки
6	27	6	3,0	Раскосная	1:4	C345	Нижний Новгород	Тёплая	Тавры
7	33	12	3,45	Треугольная	1:3	C245	Самара	Холодная	Парные уголки
8	24	6	2,7	Раскосная	1:4	C255	Ростов-на-Дону	Тёплая	Парные уголки
9	30	12	3,15	Треугольная	1:3,5	C345	Уфа	Холодная	Тавры
10	36	6	3,6	Раскосная	1:5	C245	Красноярск	Тёплая	Парные уголки

3. Состав кровли и нагрузки

Таблица 2. Состав кровли и нормативные нагрузки

Тип кровли	Состав покрытия	Толщина слоёв, мм	Плотность, кг/м ³	Расчётная нагрузка, кН/м ²
Холодная	Профнастил Н75-750-0,9	0,9	7800	0,15

	Прогоны (шаг 3 м)	швеллер 20П	—	0,20
Тёплая	Техноэласт (верхний слой)	4,2	600	0,10
	Техноэласт (нижний слой)	4,0	600	0,08
	Минеральная вата	150	180	0,30
	Пароизоляция	2	600	0,02
	Профнастил	0,9	7800	0,15
	Прогоны	швеллер 24П	—	0,25

4. Нормативно-справочные данные

Таблица 3. Расчетные сопротивления стали (СП 16.13330.2017)

Класс стали	Толщина проката, мм	Ry, МПа	Rs, МПа	Run, МПа
C235	4–20	230	134	360
C245	4–20	240	140	370
C255	4–20	250	145	380
C345	4–20	335	195	480

Таблица 4. Снеговые нагрузки по районам (СП 20.13330.2016)

Снеговой район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Sg, кПа	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

Таблица 5. Соответствие городов снеговым районам

Город	Снеговой район	Город	Снеговой район
Москва	III	Казань	IV
Санкт-Петербург	III	Нижний Новгород	IV
Екатеринбург	IV	Самара	IV
Новосибирск	V	Ростов-на-Дону	II
Уфа	V	Красноярск	V

5. Коэффициенты условий работы и надежности

Таблица 6. Коэффициенты

Коэффициент	Обозначение	Значение
Коэффициент условий работы	γ_c	1,0
Коэффициент надёжности по нагрузке (собственный вес)	γ_f	1,1
Коэффициент надёжности по нагрузке (снег)	γ_f	1,4
Коэффициент надёжности по ответственности	γ_n	1,0

6. Расчётные длины элементов фермы

Таблица 7. Расчётные длины сжатых элементов плоских ферм

Направление продольного изгиба	Поясов	Опорных раскосов и стоек	Прочих элементов решётки
В плоскости фермы l_{ef}	1	1	0,8–0,9l
Из плоскости фермы l_{ef}, l	1l	1l	1l

Обозначения: l – геометрическая длина элемента в плоскости фермы; $1l$ – расстояние между узлами, закреплёнными от смещения из плоскости фермы.

7. Сортамент прокатных уголков

Таблица 8. Уголки равнополочные (ГОСТ 8509-93)

№ профиля	b, мм	t, мм	A, см ²	ix, см	iy, см	Масса, кг/м
50×5	50	5	4,80	1,53	2,45	3,77

63×5	63	5	6,13	1,94	2,96	4,81
70×5	70	5	6,86	2,16	3,22	5,38
75×6	75	6	8,78	2,30	3,50	6,89
80×6	80	6	9,38	2,47	3,72	7,36
90×7	90	7	12,28	2,77	4,18	9,64
100×8	100	8	15,60	3,07	4,65	12,25
110×8	110	8	17,20	3,39	5,10	13,50
125×9	125	9	22,00	3,86	5,80	17,27
140×10	140	10	27,30	4,33	6,50	21,43

8. Порядок выполнения работы

8.1. Геометрический расчёт фермы

1. Вычертить геометрическую схему фермы с указанием всех размеров .

2. Определить длины всех стержней (панелей поясов, раскосов, стоек).

3. Обозначить все элементы фермы (нумерация узлов и стержней).

8.2. Сбор нагрузок на ферму

1. Определить постоянные нагрузки от веса кровли, прогонов, собственного веса фермы и связей .

2. Определить снеговую нагрузку для заданного района строительства.

3. Вычислить узловые нагрузки на ферму:

$$P = q \times B \times d$$

где q – расчётная нагрузка на 1 м^2 покрытия, кН/м^2 ;
 B – шаг ферм, м;
 d – длина панели верхнего пояса, м.

4. Результаты свести в таблицу по форме 1.

8.3. Определение усилий в стержнях фермы

1. Выполнить статический расчёт фермы (аналитически или методом вырезания узлов).

2. Определить усилия в стержнях от постоянной и снеговой нагрузок.

3. Рассмотреть наиболее невыгодные сочетания нагрузок.

4. Результаты свести в таблицу по форме 2.

8.4. Определение расчётных длин элементов

1. Для каждого элемента определить расчётные длины в плоскости и из плоскости фермы по таблице 7 .

8.5. Подбор сечений элементов фермы

Для сжатых элементов:

1. Задаться гибкостью $\lambda = 60-90$ (для поясов) или $\lambda = 80-120$ (для решётки).

2. Определить коэффициент продольного изгиба φ по таблице 9.

3. Определить требуемую площадь сечения:

$$A_{tr} = N / (\varphi \times R_y \times \gamma_c)$$

4. По сортаменту подобрать сечение из двух уголков.

5. Выписать геометрические характеристики: A , i_x , i_y .

6. Вычислить фактические гибкости и уточнить φ .

7. Выполнить проверку устойчивости:

$$N / (\varphi \times A) \leq R_y \times \gamma_c$$

Для растянутых элементов:

1. Определить требуемую площадь сечения:

$$A_{тр} = N / (R_y \times \gamma_c)$$

2. Подобрать сечение по сортаменту.

3. Проверить гибкость (для растянутых элементов $\lambda \leq 400$).

Таблица 9. Коэффициенты продольного изгиба φ для стали С245

Гибкость λ	φ	Гибкость λ	φ
10	0,987	70	0,760
20	0,964	80	0,708
30	0,933	90	0,654
40	0,896	100	0,599
50	0,855	110	0,545
60	0,809	120	0,493

8.6. Расчёт и конструирование узлов фермы

Необходимо разработать следующие узлы:

1. Опорный узел фермы:
 - Расчёт опорного фланца
 - Расчёт сварных швов, прикрепляющих опорный раскос и нижний пояс к фасонке
 - Конструирование ребра жёсткости
2. Промежуточный узел верхнего пояса:
 - Расчёт сварных швов крепления раскосов и стойки к фасонке
 - Проверка прочности фасонки
3. Промежуточный узел нижнего пояса:
 - Расчёт сварных швов крепления раскосов
4. Укрупнительный стык (при пролёте более 18 м)
5. Узел опирания фермы на колонну

8.7. Расчёт сварных швов

1. Определить катет шва k_f (по минимальным значениям).
2. Рассчитать требуемую длину швов по металлу шва и по границе сплавления.
3. Распределить швы по перу и обушку (70% на обушок, 30% на перо).

9. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Сбор нагрузок на покрытие (Форма 1).

Форма 1. Сбор нагрузок на 1 м² покрытия

№ п/п	Вид нагрузки	Подсчёт	Нормативная нагрузка, кН/м ²	γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м ²
1	Постоянные нагрузки				
1.1	Кровельное покрытие	$\gamma \times t$			
1.2	Прогоны	по		1,05	

		сортаменту			
1.3	Собственный вес ферм	0,3 кН/м ²		1,05	
1.4	Связи покрытия	0,15 кН/м ²		1,05	
	Итого постоянная	Σ	гн		g
2	Временная нагрузка				
2.1	Снеговая	по табл. 4,5	$Sg \times \mu$	1,4	S
	Всего на покрытие		кн		q

4. Усилия в элементах фермы (Форма 2).

Форма 2. Усилия в элементах фермы

Элемент фермы	№ стержня	Длина, мм	Усилие от постоянной нагрузки, кН	Усилие от снеговой нагрузки, кН	Расчётное усилие, кН	Характер усилия (+раст, -сжат)
Верхний пояс						
Нижний пояс						
Раскосы						
Стойки						

5. Подбор сечений элементов (Форма 3).

Форма 3. Подбор сечений элементов фермы

Элемент	№ стержня	Усилие N, кН	Расчетная длина, см	Принятое сечение	A, см ²	ix, см	iy, см	λ_x	λ_y	φ	Проверка σ , МПа
			lef,x	lef,y							

6. Расчёт сварных швов узлов (Форма 4).

Форма 4. Расчёт сварных швов узлов фермы

Узел	Элемент	Усилие N, кН	Катет шва kf, мм	Длина шва по обушку, мм	Длина шва по перу, мм
Опорный узел	Раскос				
	Нижний пояс				
Узел 2	Раскос				

7. Спецификация металла на отправочную марку (Форма 5).

Форма 5. Спецификация металла на отправочную марку

Позиция	Сечение, мм	Длина, мм	Кол-во, шт	Масса, кг	Примечание
1	Уголок ...		2		Верхний пояс
2	Уголок ...		2		Нижний пояс
3	Уголок ...		2		Раскос
...	...				

8. Чертежи (графическая часть) – формат А3 :

- Геометрическая схема фермы – масштаб 1:100
- Чертеж отправочной марки фермы – масштаб 1:20
- Опорный узел – масштаб 1:10
- Промежуточные узлы – масштаб 1:10

- Укрупнительный стык (при наличии) – масштаб 1:10
- 9. Выводы по работе:
 - Соответствие запроектированной фермы требованиям норм
 - Расход стали на ферму
 - Рекомендации по монтажу и сварке
- 10. Контрольные вопросы
 1. Как определяется расчётная длина сжатых элементов фермы в плоскости и из плоскости?
 2. Какие факторы влияют на выбор типа решётки фермы?
 3. Как распределяются усилия между швами по перу и обушку уголка?
 4. Почему при подборе сечений сжатых элементов необходимо учитывать гибкость?
 5. Какие требования предъявляются к конструированию фасонки?
 6. Как обеспечивается центрирование стержней в узлах фермы?
 7. Какие существуют типы опорных узлов ферм?
 8. Как выполняется укрупнительный стык фермы при пролёте более 18 м?
 9. Какие нормативные документы регламентируют расчёт стальных ферм?

Практическое занятие № 8

Расчёт осадки оснований

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта осадки оснований фундаментов методом послойного суммирования, освоение методики построения эпюр напряжений, определения нижней границы сжимаемой толщи и вычисления конечной осадки фундамента с последующей проверкой выполнения требований норм .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчёта осадки основания

№ варианта	Размеры подошвы фундамента, м	Глубина заложения d, м	Нагрузка N, кН	Уровень грунтовых вод УГВ, м	Тип грунта 1 (0–3 м)	Тип грунта 2 (3–6 м)	Тип грунта 3 (6–10 м)	Район строительства
1	2,0 × 2,0	2,0	800	3,5	Песок пылеватый	Супесь	Суглинок	Москва
2	2,4 × 2,4	2,2	1200	4,0	Песок мелкий	Суглинок	Глина	Санкт-Петербург
3	2,6 × 3,0	2,5	1500	2,8	Супесь	Песок средней крупности	Суглинок	Казань
4	3,0 × 3,0	2,8	2000	5,0	Суглинок	Песок пылеватый	Глина	Новосибирск

5	2,2 × 2,8	2,3	1100	3,2	Песок мелкий	Супесь	Суглинок	Екатеринбург
6	2,5 × 3,2	2,4	1600	4,5	Песок средней крупности	Суглинок	Глина	Нижний Новгород
7	3,2 × 3,2	3,0	2200	6,0	Супесь	Песок гравелистый	Суглинок	Самара
8	2,8 × 3,6	2,6	1800	3,8	Суглинок	Песок мелкий	Глина	Ростов-на-Дону
9	3,0 × 4,0	2,7	2100	4,2	Песок пылеватый	Супесь	Суглинок	Уфа
10	2,4 × 3,0	2,2	1300	3,0	Песок мелкий	Суглинок	Глина	Красноярск

3. Физико-механические характеристики грунтов

Таблица 2. Нормативные значения характеристик грунтов

Тип грунта	Плотность ρ , т/м ³	Плотность частиц ρ_s , т/м ³	Природная влажность W , %	Модуль деформации E , МПа	Угол внутр. трения φ , град	Удельное сцепление c , кПа
Песок пылеватый	1,85	2,66	18	18	28	3
Песок мелкий	1,90	2,65	16	22	30	2
Песок средней крупности	1,95	2,64	14	28	33	1
Песок гравелистый	2,05	2,63	12	35	38	1
Супесь	1,95	2,68	22	16	24	10
Суглинок	2,00	2,70	24	15	20	25
Глина	2,05	2,72	28	12	18	45

Таблица 3. Удельный вес грунтов

Тип грунта	Удельный вес γ , кН/м ³	Удельный вес во взвешенном состоянии γ_{sb} , кН/м ³
Песок пылеватый	18,5	9,8
Песок мелкий	19,0	10,1
Песок средней крупности	19,5	10,4
Песок гравелистый	20,5	11,0
Супесь	19,5	10,2
Суглинок	20,0	10,5
Глина	20,5	10,8

4. Коэффициенты для определения напряжений

Таблица 4. Значения коэффициента α для фундаментов с соотношением сторон $\eta = l/b$

$\xi = \frac{2z}{b}$	Коэффициент α для фундаментов
----------------------	--------------------------------------

	Круглых	Прямоугольных с $\eta = l/b$, равным	Ленточных				
				1,0	1,4	1,8	2,4
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,306

5. Предельные деформации оснований

Таблица 5. Предельные деформации основания S_u (СП 22.13330.2016)

Тип сооружения	S_u , см
Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из крупных панелей	10
Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из кирпича без армирования	10
Каркасные многоэтажные здания с заполнением	8
Одноэтажные производственные здания с мостовыми кранами	8
Высотные здания (более 75 м)	6
Жилые здания с кирпичными стенами	10

6. Порядок выполнения работы

6.1. Определение физических характеристик грунтов

1. Для каждого слоя грунта определить удельный вес:

$$\gamma = \rho \times g, \text{ кН/м}^3 \text{ (принимая } g = 10 \text{ м/с}^2\text{)}$$

2. Для слоёв ниже УГВ определить удельный вес во взвешенном состоянии по таблице 3.

6.2. Определение среднего давления под подошвой фундамента

1. Определить расчётную нагрузку на фундамент с учётом коэффициента надёжности:

$$N_p = N \times 1,15$$

2. Определить площадь подошвы фундамента:

$$A = b \times l, \text{ м}^2$$

3. Определить среднее давление под подошвой фундамента:

$$p = N_p / A + \gamma_{mt} \times d, \text{ кПа}$$

где γ_{mt} – средневзвешенное значение удельного веса материала фундамента и грунта на его уступах (принимается 20 кН/м³).

6.3. Определение природного давления грунта

1. Вычислить вертикальные напряжения от собственного веса грунта σ_{zg} на границах слоёв:

$$\sigma_{z,i} = \sum \gamma_i \times h_i, \text{ кПа}$$

2. Построить эпюру природных напряжений.

6.4. Определение дополнительных вертикальных напряжений

1. Определить дополнительное вертикальное давление под подошвой фундамента:

$$p_0 = p - \sigma_{zg,0}, \text{ кПа}$$

где $\sigma_{zg,0}$ – природное давление на уровне подошвы фундамента.

2. Разделить основание на элементарные слои толщиной $h_i \leq 0,4b$.

3. Для каждого элементарного слоя определить глубину z от подошвы и относительную глубину $\xi = 2z/b$.

4. По таблице 4 определить коэффициент α в зависимости от ξ и $\eta = l/b$.

5. Вычислить дополнительные напряжения:

$$\sigma_{zp} = \alpha \times p_0, \text{ кПа}$$

6.5. Определение нижней границы сжимаемой толщи

Нижняя граница сжимаемой толщи принимается на глубине $z = H_c$, где выполняется условие:

$$\sigma_{zp} \leq 0,5 \times \sigma_{zg}$$

6.6. Расчёт осадки основания методом послойного суммирования

Осадку основания определить по формуле:

$$S = \beta \times \Sigma (\sigma_{zp,i} \times h_i) / E_i$$

где:

- $\beta = 0,8$ – безразмерный коэффициент;
- $\sigma_{zp,i}$ – среднее значение дополнительного напряжения в i -м слое (как среднее арифметическое между значениями на верхней и нижней границах слоя);
- h_i – толщина i -го слоя, см;
- E_i – модуль деформации i -го слоя, кПа.

6.7. Проверка выполнения условия расчёта по деформациям

Полученная осадка не должна превышать предельно допустимого значения:

$$S \leq S_u$$

где S_u – предельно допустимая осадка, принимаемая по таблице 5.

7. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Расчетную схему фундамента с эпюрами напряжений.
4. Расчёт осадки основания (Форма 1).

Форма 1. Расчёт осадки основания методом послойного суммирования

№ слоя	Глубина от подошвы z , м	Толщина слоя h_i , м	$\xi = 2z/b$	α	σ_{zp} , кПа	σ_{zg} , кПа	$0,5\sigma_{zg}$, кПа	E , МПа	Осадка слоя S_i , см
0	0	—	0	1,000	p_0	$\sigma_{zg,0}$	—	—	—
1									
2									
...									

n	Hc				\leq $0,5\sigma_{zg}$				
								Σ	S =

5. Сводная таблица результатов (Форма 2).

Форма 2. Результаты расчёта осадки

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Площадь подошвы фундамента	A		м ²
Среднее давление под подошвой	p		кПа
Дополнительное давление	p0		кПа
Нижняя граница сжимаемой толщи	Hc		м
Расчётная осадка	S		см
Предельно допустимая осадка	Su		см
Проверка условия	$S \leq Su$		

6. Графическая часть:

- Инженерно-геологическая колонка
- Эпюра природных напряжений σ_{zg}
- Эпюра дополнительных напряжений σ_{zp}
- Схема расположения фундамента

7. Выводы по работе:

- Значение расчётной осадки
- Соответствие требованиям норм
- Оценка достаточности принятого фундамента
- Рекомендации по проектированию

8. Контрольные вопросы

1. Какие предельные состояния оснований рассматриваются в СП 22.13330?
2. Как определяется природное давление грунта на разных глубинах?
3. Что такое дополнительное давление и как оно определяется?
4. Как назначается нижняя граница сжимаемой толщи?
5. Для чего применяются коэффициенты α и от чего они зависят?
6. Каков физический смысл коэффициента β в формуле осадки?
7. Как учитывается взвешивающее действие воды при определении природного давления?
8. Какие факторы влияют на величину предельно допустимой осадки?

Практическое занятие № 9

Расчет и конструирование столбчатого фундамента

Целью работы является приобретение практических навыков расчета и конструирования столбчатого фундамента под колонну здания, освоение методики определения размеров подошвы фундамента по деформациям, расчета на продавливание и подбора арматуры плитной части, а также конструирования монолитного железобетонного фундамента стаканного типа.

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчёта столбчатого фундамента

№ ва р.	Нагруз ка N, кН	Момен т M, кН·м	Горизонталь ная сила Q, кН	Размер сечени я колонн ы, мм	Клас с бето на	Класс арматур ы	Глубина промерзан ия, м	Уровень грунтов ых вод, м
1	1200	80	40	400×400	B20	A400	1,5	3,0
2	1500	100	50	400×400	B20	A400	1,6	4,0
3	1800	120	60	500×500	B25	A400	1,4	3,5
4	2000	140	70	500×500	B25	A500	1,7	5,0
5	2400	160	80	600×600	B25	A500	1,8	6,0
6	2800	180	90	600×600	B30	A500	1,5	4,5
7	3200	200	100	700×700	B30	A500	1,9	7,0
8	1000	60	30	400×400	B20	A400	1,4	2,5
9	1400	90	45	400×400	B20	A400	1,6	3,2
10	1700	110	55	500×500	B25	A400	1,7	4,2

3. Характеристики грунтового основания

Таблица 2. Характеристики грунтов по вариантам

№ вар.	Слой 1 (от поверхности до 3 м)	Мощность слоя 1, м	Слой 2 (ниже 3 м)	R ₀ (условное), кПа
1	Песок пылеватый, средней плотности	3,0	Суглинок тугопластичный	200
2	Песок мелкий, плотный	3,0	Глина полутвердая	250
3	Супесь пластичная	3,0	Песок средней крупности, плотный	220
4	Суглинок мягкопластичный	3,0	Песок гравелистый, плотный	230
5	Глина тугопластичная	3,0	Супесь твердая	240
6	Песок пылеватый, плотный	3,0	Суглинок полутвердый	260
7	Песок мелкий, средней плотности	3,0	Глина тугопластичная	210
8	Супесь твердая	3,0	Песок крупный, плотный	280
9	Суглинок полутвердый	3,0	Песок пылеватый, плотный	250
10	Песок средней крупности	3,0	Супесь пластичная	270

Таблица 3. Физико-механические характеристики грунтов

Тип грунта	Плотность ρ , т/м ³	Угол внутреннего трения φ , град	Удельное сцепление c , кПа	Модуль деформации E , МПа
Песок пылеватый, средней плотности	1,85	28	3	18
Песок пылеватый, плотный	1,95	30	4	25
Песок мелкий, средней плотности	1,90	30	2	22
Песок мелкий, плотный	2,00	32	3	30
Песок средней крупности	2,05	35	1	35
Песок гравелистый	2,10	38	1	40
Песок крупный, плотный	2,10	36	1	38
Супесь пластичная	1,95	24	10	16
Супесь твердая	2,05	26	15	22
Суглинок мягкопластичный	1,95	18	20	12
Суглинок тугопластичный	2,00	20	25	15
Суглинок полутвердый	2,02	22	30	18
Глина полутвердая	2,05	19	40	18
Глина тугопластичная	2,00	17	35	14

4. Нормативно-справочные материалы

Таблица 4. Расчетные сопротивления бетона (СП 63.13330.2018)

Класс бетона	R_b (МПа) – сжатие осевое	R_{bt} (МПа) – растяжение осевое
B20	11,5	0,90
B25	14,5	1,05
B30	17,0	1,15
B35	19,5	1,30

Таблица 5. Расчетные сопротивления арматуры (СП 63.13330.2018)

Класс арматуры	R_s (МПа) – растяжение	R_{sc} (МПа) – сжатие
A400	350	350
A500	435	400

Таблица 6. Коэффициенты и дополнительные данные

Параметр	Значение
Удельный вес бетона фундамента γ_b	25 кН/м ³
Удельный вес грунта обратной засыпки $\gamma_{гр}$	18 кН/м ³
Коэффициент надёжности по нагрузке γ_f	1,15
Коэффициент условий работы γ_c	1,0
Коэффициент надёжности по ответственности γ_n	1,0
Глубина заделки колонны в стакан	800 мм

5. Порядок выполнения работы

5.1. Определение глубины заложения фундамента

1. Определить нормативную глубину сезонного промерзания грунта df_n по карте СП 131.13330 или по таблице 7.

Таблица 7. Нормативная глубина промерзания для городов

Город	df_n , м
Москва	1,4
Санкт-Петербург	1,2
Казань	1,6
Новосибирск	2,2
Екатеринбург	1,8
Нижний Новгород	1,5
Самара	1,5
Ростов-на-Дону	0,9
Уфа	1,7
Красноярск	2,0

2. Определить расчётную глубину промерзания:

$$df = kh \times df_n$$

где kh – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания (для отапливаемых зданий $kh = 0,5–0,7$).

3. Назначить предварительную глубину заложения фундамента d из условий:

- Не менее df (для пучинистых грунтов)
- Глубина заделки колонны (800 мм) + 200 мм
- Заглубление в несущий слой не менее 0,5 м

4. Окончательно принять глубину заложения, кратную 0,15 м.

5.2. Определение размеров подошвы фундамента

1. Определить предварительную площадь подошвы фундамента:

$$A = N / (R_0 - \gamma_{mt} \times d)$$

где R_0 – условное расчётное сопротивление грунта (по таблице 2);
 γ_{mt} – средневзвешенное значение удельного веса материала фундамента и грунта на его уступах (20–22 кН/м³).

2. Принять размеры подошвы фундамента $b \times l$ (кратно 0,3 м) исходя из условия $b \approx l$ для квадратного фундамента.

3. Вычислить расчётное сопротивление грунта R по формуле:

$$R = (\gamma_{c1} \times \gamma_{c2} / k) \times [M_{\gamma} \times k_z \times b \times \gamma_{II} + M_q \times d_1 \times \gamma'_{II} + (M_q - 1) \times db \times \gamma'_{II} + M_c \times c_{II}]$$

где коэффициенты принять по таблице 8.

Таблица 8. Коэффициенты M_{γ} , M_q , M_c для расчёта R

Угол внутреннего трения ϕ , град	M_{γ}	M_q	M_c
16	0,36	2,43	4,99
18	0,43	2,73	5,31
20	0,51	3,06	5,66
22	0,61	3,44	6,04
24	0,72	3,87	6,45

26	0,84	4,37	6,90
28	0,98	4,93	7,40
30	1,15	5,59	7,95
32	1,34	6,35	8,55
34	1,55	7,21	9,21
36	1,81	8,25	9,98
38	2,11	9,44	10,80

4. Уточнить размеры подошвы фундамента из условия:

$$p \leq R$$

где p – среднее давление под подошвой фундамента:

$$p = N / A + \gamma mt \times d$$

5. Проверить крайевые давления при наличии момента:

$$p_{\max} = N/A + M/W \leq 1,2R$$

$$p_{\min} = N/A - M/W \geq 0$$

где W – момент сопротивления подошвы.

5.3. Конструирование фундамента

1. Назначить количество ступеней (1–3) в зависимости от высоты фундамента:

- При высоте фундамента $H \leq 450$ мм – 1 ступень
- При $H = 450$ – 900 мм – 2 ступени
- При $H > 900$ мм – 3 ступени

2. Определить высоту фундамента H :

- Из условия заглубления колонны: $H \geq h_{\text{ст}} + 200$ мм
- Из условия анкеровки арматуры колонны
- Из условия продавливания

3. Назначить размеры ступеней (высоту и вынос) с учётом угла жёсткости (не более 1:2).

Таблица 9. Рекомендуемые размеры ступеней фундамента

Высота ступени, мм	Вынос ступени, мм	Угол жёсткости
300	300–450	1:1 – 1:1,5
450	450–600	1:1 – 1:1,33
600	600–750	1:1 – 1:1,25

5.4. Расчёт фундамента на продавливание

1. Проверить прочность нижней ступени на продавливание:

$$F \leq R_{bt} \times U_m \times h_0$$

где F – продавливающая сила;

U_m – среднее арифметическое периметров верхнего и нижнего оснований пирамиды продавливания;

h_0 – рабочая высота сечения.

5.5. Расчёт арматуры плитной части фундамента

1. Рассчитать изгибающие моменты в сечениях по граням ступеней и подколонника:

$$M_i = 0,125 \times p \times (a_i - a_0)^2 \times b$$

где a_i – размер подошвы в рассматриваемом направлении;

a_0 – размер вышележащей ступени или подколонника.

2. Определить требуемую площадь арматуры в каждом направлении:

$$A_{si} = M_i / (0,9 \times R_s \times h_{0i})$$

3. Подобрать диаметр и шаг арматурных стержней (не менее 12 мм, шаг 100–200 мм).

Таблица 10. Сортамент арматурной стали

Диаметр, мм	Площадь сечения стержней, см ²	Масса 1 м, кг			
			3 стержня	4 стержня	
	1 стержень	2 стержня			
12	1,131	2,26	3,39	4,52	0,888
14	1,539	3,08	4,62	6,16	1,210
16	2,011	4,02	6,03	8,04	1,580
18	2,545	5,09	7,64	10,18	1,998
20	3,142	6,28	9,42	12,56	2,466

5.6. Расчёт подколонника и стакана

1. Проверить прочность стенок стакана на смятие.
2. Определить армирование подколонника:
 - Продольная арматура – не менее 4Ø12
 - Поперечная арматура (сетки) – не менее 4Ø8 с шагом 100–200 мм

6. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Определение глубины заложения фундамента (Форма 1).

Форма 1. Определение глубины заложения фундамента

Параметр	Значение	Ед. изм.
Нормативная глубина промерзания d_{fn}		м
Коэффициент теплового режима kh		
Расчётная глубина промерзания df		м
Глубина заложения из конструктивных условий		м
Принятая глубина заложения d		м

4. Расчёт размеров подошвы фундамента (Форма 2).

Форма 2. Расчёт размеров подошвы фундамента

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Предварительная площадь подошвы	A		м ²
Принятые размеры подошвы	$b \times l$		м
Среднее давление под подошвой	p		кПа
Расчётное сопротивление грунта	R		кПа
Проверка $p \leq R$			
Краевые давления	p_{max}, p_{min}		кПа
Проверка $p_{max} \leq 1,2R$			

5. Конструирование фундамента (Форма 3).

Форма 3. Размеры фундамента

Элемент	Размеры, мм
Высота фундамента H	
Размеры подошвы $l \times b$	
Размеры 1 ступени (в плане)	
Высота 1 ступени h_1	

Размеры 2 ступени (в плане)	
Высота 2 ступени h_2	
Размеры подколонника	
Глубина стакана $h_{ст}$	

6. Расчёт арматуры плитной части (Форма 4).

Форма 4. Расчёт арматуры плитной части

Сечение	Изгибающий момент M , $кН \cdot м$	Рабочая высота h_0 , мм	Требуемая площадь A_s , $см^2$	Принятая арматура	Фактическая площадь $A_{сф}$, $см^2$
По грани подколонника (l)					
По грани подколонника (b)					
По грани 2 ступени (l)					
По грани 2 ступени (b)					

7. Спецификация арматуры на один фундамент (Форма 5).

Форма 5. Спецификация арматуры на один фундамент

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во, шт	Длина, м	Масса, кг
1		Сетка С1 (нижняя) $\emptyset... A...$ шаг...	1		
2		Сетка С2 (верхняя) $\emptyset... A...$ шаг...	1		
3		Продольная арматура подколонника $\emptyset... A...$	4		
4		Поперечные сетки подколонника $\emptyset... B500$	3		
		Итого:			

8. Чертежи (графическая часть) – формат А3:

- План фундамента (масштаб 1:20 или 1:25)
- Разрез фундамента (масштаб 1:20)
- Узлы армирования (масштаб 1:10)
- Схема армирования подошвы

9. Выводы по работе:

- Соответствие запроектированного фундамента требованиям норм
- Расход бетона и арматуры на один фундамент
- Рекомендации по бетонированию и монтажу

7. Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит глубина заложения фундамента?
2. Как определяется расчётное сопротивление грунта основания?
3. Какие условия должны выполняться при проверке давлений под подошвой фундамента?
4. Как конструируются ступени фундамента и от чего зависит их высота?

5. В чём заключается расчёт фундамента на продавливание?
6. Как определяется требуемая площадь арматуры плитной части?
7. Какие конструктивные требования предъявляются к армированию подколонника и стакана?
8. Как обеспечивается совместная работа колонны с фундаментом?

Практическое занятие № 10

Расчет и конструирование свайных фундаментов

1. Цель работы

Целью работы является приобретение практических навыков расчета и конструирования свайных фундаментов под колонны зданий, освоение методики определения несущей способности свай по грунту и материалу, расчета количества свай в кусте, конструирования ростверка и выполнения рабочих чертежей свайного фундамента с разработкой узлов .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчёта свайного фундамента

№ варианта	Нагрузка N, кН	Момент M, кН·м	Горизонт. сила Q, кН	Размер сечения колонны, мм	Класс бетона	Тип свай	Длина свай L, м	Сечение свай, мм	Глубина промерзания, м	УГВ, м
1	1200	80	40	400×400	B20	забивные	6	300×300	1,5	3,0
2	1500	100	50	400×400	B20	забивные	7	300×300	1,6	4,0
3	1800	120	60	500×500	B25	забивные	8	350×350	1,4	3,5
4	2000	140	70	500×500	B25	буровые	9	400	1,7	5,0
5	2400	160	80	600×600	B25	забивные	8	350×350	1,8	6,0
6	2800	180	90	600×600	B30	буровые	10	450	1,5	4,5
7	3200	200	100	700×700	B30	забивные	9	400×400	1,9	7,0
8	1000	60	30	400×400	B20	забивные	5	300×300	1,4	2,5
9	1400	90	45	400×400	B20	буровые	7	350	1,6	3,2
10	1700	110	55	500×500	B25	забивные	7	300×300	1,7	4,2

3. Характеристики грунтового основания

Таблица 2. Характеристики грунтов по вариантам

№ вар.	Слой 1 (от поверхности до 2 м)	Слой 2 (2–5 м)	Слой 3 (ниже 5 м)
1	Песок пылеватый, средней плотности	Супесь пластичная	Суглинок тугопластичный
2	Песок мелкий, средней	Суглинок	Глина полутвердая

	плотности	мягкопластичный	
3	Супесь пластичная	Песок средней крупности, плотный	Суглинок полутвердый
4	Суглинок текучепластичный	Песок гравелистый, плотный	Глина тугопластичная
5	Насыпной грунт (супесь)	Песок средней крупности	Супесь твердая
6	Песок пылеватый, плотный	Супесь пластичная	Суглинок тугопластичный
7	Песок мелкий, плотный	Суглинок полутвердый	Глина полутвердая
8	Супесь твердая	Песок гравелистый	Суглинок полутвердый
9	Песок средней крупности	Супесь пластичная	Глина тугопластичная
10	Суглинок тугопластичный	Песок крупный	Супесь твердая

Таблица 3. Физико-механические характеристики грунтов

Тип грунта	Плотность ρ , т/м ³	Угол внутр. трения φ , град	Удельное сцепление c , кПа	Модуль деформации E , МПа	Показатель текучести I_L
Песок пылеватый, средней плотности	1,85	28	3	18	-
Песок пылеватый, плотный	1,95	30	4	25	-
Песок мелкий, средней плотности	1,90	30	2	22	-
Песок мелкий, плотный	2,00	32	3	30	-
Песок средней крупности	2,05	35	1	35	-
Песок крупный	2,10	36	1	38	-
Песок гравелистый	2,10	38	1	40	-
Супесь пластичная	1,95	24	10	16	0,3
Супесь твердая	2,05	26	15	22	0,1
Суглинок мягкопластичный	1,95	18	20	12	0,6
Суглинок тугопластичный	2,00	20	25	15	0,3
Суглинок полутвердый	2,02	22	30	18	0,2
Глина полутвердая	2,05	19	40	18	0,2
Глина тугопластичная	2,00	17	35	14	0,4
Насыпной грунт	1,80	20	8	8	-

4. Нормативно-справочные материалы

Таблица 4. Расчётные сопротивления грунта под нижним концом сваи R , кПа

Глубина погружения, м	Песчаные грунты средней плотности	Глинистые грунты
c	показателем	текучести I_L
:---: :---: :---: :---: :---:		
Крупные Средней крупности Мелкие Пылеватые $I_L = 0$ $I_L = 0,2$		

I_L	=							0,4
3	7500	4800	3000	2000	8500	4400	2500	
4	8300	5300	3300	2200	9300	4800	2700	
5	8800	5600	3500	2300	9800	5100	2900	
6	9300	5900	3700	2500	10300	5400	3100	
7	9700	6200	3900	2600	10800	5600	3200	
8	10000	6400	4000	2700	11200	5800	3300	
9	10300	6600	4100	2800	11600	6000	3400	
10	10600	6800	4200	2900	11900	6200	3500	

Таблица 5. Расчётные сопротивления по боковой поверхности сваи f_l , кПа

| Глубина расположения слоя, м | Песчаные грунты средней плотности |
 Глинистые грунты с показателем текучести I_L |
 |:---:|:---:|:---:|:---:|:---:|

| | Крупные и средней крупности | Мелкие | Пылеватые | I_L = 0,2 | I_L = 0,4 |

I_L	=							0,6
1	35	23	15	17	10	5		
2	42	30	21	27	18	10		
3	48	35	25	32	23	14		
4	53	38	27	37	26	16		
5	56	40	29	41	29	18		
6	58	42	31	44	31	20		
7	60	44	33	46	33	21		
8	62	45	34	48	34	22		
9	63	46	35	49	35	23		
10	64	47	36	50	36	24		

Таблица 6. Коэффициенты условий работы (СП 24.13330.2021)

Коэффициент	Обозначение	Значение
Коэффициент условий работы сваи	γ_c	1,0
Коэффициент условий работы грунта под нижним концом	γ_{cR}	1,0
Коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности	γ_{cf}	1,0
Коэффициент надёжности по грунту	γ_k	1,4

Таблица 7. Расчетные сопротивления бетона (СП 63.13330.2018)

Класс бетона	Rb (МПа) – сжатие осевое	Rbt (МПа) – растяжение осевое
B20	11,5	0,90
B25	14,5	1,05
B30	17,0	1,15

Таблица 8. Расчетные сопротивления арматуры (СП 63.13330.2018)

Класс арматуры	Rs (МПа) – растяжение	Rsc (МПа) – сжатие
A400	350	350
A500	435	400

5. Порядок выполнения работы

5.1. Определение глубины заложения ростверка

1. Определить нормативную глубину сезонного промерзания грунта d_{fn} по таблице 7 практического занятия №9.

2. Определить расчётную глубину промерзания с учётом теплового режима здания:

$$df = kh \times dfn \quad (kh = 0,5-0,7)$$

3. Назначить глубину заложения ростверка исходя из условий:

- Не менее глубины промерзания (для пучинистых грунтов)
- Конструктивных требований (заделка головы сваи в ростверк не менее 50 мм)
- Срезка слабых грунтов

5.2. Выбор типа, длины и сечения свай

1. В соответствии с заданием принять тип свай (забивные или буровые).

2. Назначить предварительную длину сваи из условия заглубления нижнего конца в несущий слой не менее 1,0 м.

3. Принять сечение сваи по таблице 1 (квадратное для забивных, круглое для буровых).

5.3. Определение несущей способности сваи по грунту

1. Разделить ствол сваи на элементарные слои толщиной не более 2 м.

2. Для нижнего конца сваи определить расчётное сопротивление грунта R по таблице 4 в зависимости от глубины погружения и типа грунта.

3. Для каждого элементарного слоя определить расчётное сопротивление по боковой поверхности f_i по таблице 5 в зависимости от средней глубины слоя и типа грунта.

4. Определить несущую способность висячей сваи F_d :

$$F_d = \gamma_s \times (\gamma_s R \times R \times A + u \times \sum \gamma_{cf} \times f_i \times h_i)$$

где:

- $\gamma_s = 1,0$ – коэффициент условий работы сваи;
- $\gamma_s R, \gamma_{cf} = 1,0$ – коэффициенты условий работы грунта;
- R – расчётное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа;
- A – площадь опирания сваи, м²;
- u – наружный периметр поперечного сечения сваи, м;
- f_i – расчётное сопротивление i -го слоя грунта по боковой поверхности, кПа;
- h_i – толщина i -го слоя, м.

5. Определить допускаемую нагрузку на сваю:

$$P = F_d / \gamma_k$$

где $\gamma_k = 1,4$ – коэффициент надёжности по грунту.

5.4. Определение количества свай в кусте

1. Определить ориентировочное количество свай:

$$n = N / P$$

2. Уточнить количество свай с учётом момента и горизонтальной силы:

$$N_{\max} = (N + G_p) / n + M \times u_{\max} / \sum y_i^2$$

где G_p – вес ростверка и грунта на его уступах;
 u_{\max} – расстояние от центра тяжести куста до наиболее удалённой сваи.

3. Проверить условие $N_{\max} \leq P$.

4. Принять окончательное количество свай (обычно 2, 3, 4, 6, 9).

5.5. Конструирование ростверка

1. Определить размеры ростверка в плане исходя из размещения свай и заделки колонны:

- Расстояние между осями свай – не менее $3d$ (d – сторона сваи)
- Расстояние от края ростверка до оси сваи – не менее $d + 50$ мм

2. Назначить высоту ростверка из условий:

- Заделки головы сваи (не менее 50 мм)
- Анкеровки арматуры колонны
- Прочности на продавливание

3. Выполнить расчёт ростверка на продавливание колонной.

4. Определить армирование ростверка (продольная и поперечная арматура).

6. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Определение глубины заложения ростверка (Форма 1).

Форма 1. Определение глубины заложения ростверка

Параметр	Значение	Ед. изм.
Нормативная глубина промерзания d_{fn}		м
Коэффициент теплового режима kh		
Расчётная глубина промерзания df		м
Принятая глубина заложения ростверка		м

4. Расчёт несущей способности свай (Форма 2).

Форма 2. Расчёт несущей способности свай по грунту

№ слоя	Толщина слоя h_i , м	Глубина расположения слоя, м	Тип грунта	f_i , кПа	$u \times \gamma_{cf} \times f_i \times h_i$, кН
1					
2					
...					
	Сумма по боковой поверхности				Σ
	Сопrotивление под нижним концом		R =	A =	$R \times A =$

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Периметр сваи	u		м
Площадь сечения сваи	A		м ²
Несущая способность сваи	F_d		кН
Допускаемая нагрузка на сваю	P		кН

5. Расчёт количества свай (Форма 3).

Форма 3. Расчёт свайного куста

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Ориентировочное количество свай	n		шт
Принятое количество свай	n		шт
Вес ростверка	Gp		кН
Максимальная нагрузка на сваю	Nmax		кН
Проверка $N_{max} \leq P$			

6. Спецификация материалов на свайный фундамент (Форма 4).

Форма 4. Спецификация материалов на один фундамент

№ п/п	Наименование	Марка, тип	Кол-во, шт	Размеры, мм	Объём бетона, м ³	Масса арматуры, кг
1	Свая железобетонная	С...				
2	Бетон ростверка	В...				
3	Арматура ростверка	А...				
4	Анкерные болты	М...				

7. Чертежи (графическая часть) – формат А3:

- Инженерно-геологический разрез с посадкой свай – масштаб 1:100
- План свайного куста – масштаб 1:20 или 1:25
- Разрез свайного фундамента – масштаб 1:20
- Узел заделки головы сваи в ростверк – масштаб 1:10

8. Выводы по работе:

- Соответствие запроектированного фундамента требованиям норм
- Коэффициент использования несущей способности свай
- Расход материалов на один фундамент
- Рекомендации по производству работ

7. Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются сваи? Приведите примеры.
2. Чем отличаются сваи-стойки от висячих свай?
3. Как определяется несущая способность забивной висячей сваи по грунту?
4. От каких факторов зависит расчётное сопротивление грунта под нижним концом сваи R?
5. Какие коэффициенты учитываются при определении несущей способности сваи?
6. Как назначается расстояние между сваями в кусте и от края ростверка?
7. Как проверяется нагрузка на крайние сваи при действии момента?
8. Какие конструктивные требования предъявляются к заделке свай в ростверк?

Практическое занятие № 11

Расчёт и конструирование деревянной стойки, лобовой врубки

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта и конструирования деревянной центрально-сжатой стойки, освоение

методики расчёта лобовой врубки как классического узла соединения элементов деревянных конструкций, а также выполнение рабочих чертежей узлов и деталей с учётом конструктивных требований .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчёта деревянной стойки

№ вар .	Высота стойки и Н, м	Продольная сила N, кН	Угол примыкания α , град	Сорт древесины	Порода древесины	Условия эксплуатации	Тип закрепления концов
1	3,0	60	30	1	Сосна	А1	Жёсткая заделка внизу, шарнир сверху
2	3,3	75	30	2	Ель	А2	Жёсткая заделка обоих концов
3	3,6	90	45	1	Лиственница	А3	Шарнирное закрепление обоих концов
4	4,0	80	45	2	Пихта	Б1	Жёсткая заделка внизу, шарнир сверху
5	3,2	70	30	1	Сосна	А2	Жёсткая заделка обоих концов
6	3,5	85	30	2	Ель	Б2	Шарнирное закрепление обоих концов
7	3,8	95	45	1	Кедр	А1	Жёсткая заделка внизу, шарнир сверху
8	4,2	100	45	2	Сосна	Б1	Жёсткая заделка обоих концов
9	3,0	55	30	1	Ель	А3	Шарнирное закрепление обоих концов

10	3,4	65	30	2	Лиственница	A2	Жёсткая заделка внизу, шарнир вверху
----	-----	----	----	---	-------------	----	--------------------------------------

3. Коэффициенты условий эксплуатации

Таблица 2. Коэффициенты условий эксплуатации тмв (СП 64.13330.2017)

Условия эксплуатации	Характеристика	Коэффициент тмв
A1	Отапливаемые помещения (температура до 35°C, влажность до 60%)	1,0
A2	Неотапливаемые помещения (влажность до 75%)	0,95
A3	Открытый воздух в сухой зоне	0,9
B1	Помещения с повышенной влажностью (75–85%)	0,9
B2	Открытый воздух во влажной зоне	0,85

4. Расчётные сопротивления древесины

Таблица 3. Расчётные сопротивления древесины хвойных пород (СП 64.13330.2017)

Порода древесины	Сорт	Напряжённое состояние	Обозначение	Расчётное сопротивление, МПа
Сосна, ель, кедр	1	Сжатие вдоль волокон	R _c	16
		Смятие вдоль волокон	R _{cm}	16
		Смятие поперёк волокон	R _{cm90}	2,4
		Скалывание вдоль волокон	R _{ск}	1,8
	2	Сжатие вдоль волокон	R _c	14
		Смятие вдоль волокон	R _{cm}	14
		Смятие поперёк волокон	R _{cm90}	2,0
		Скалывание вдоль волокон	R _{ск}	1,6
Лиственница	1	Сжатие, смятие		Увеличивается на 20%
Пихта	1	Сжатие, смятие		Уменьшается на 20%

5. Коэффициент продольного изгиба

Таблица 4. Коэффициент продольного изгиба φ для деревянных элементов

Гибкость λ	φ	Гибкость λ	φ
0	1,000	70	0,61
10	0,99	80	0,53
20	0,97	90	0,46
30	0,93	100	0,40
40	0,87	110	0,34
50	0,80	120	0,29
60	0,71	130	0,25

6. Коэффициенты приведения длины

Таблица 5. Коэффициенты приведения длины μ

Тип закрепления концов	μ
Шарнирное закрепление обоих концов	1,0
Жёсткая заделка внизу, шарнир вверху	0,8
Жёсткая заделка обоих концов	0,5

7. Сортамент пиломатериалов

Таблица 6. Стандартные размеры пиломатериалов (ГОСТ 24454-80)

Толщина, мм	Ширина, мм
100	100, 150, 200
125	125, 150, 200, 250
150	150, 200, 250
175	175, 200, 250
200	200, 250
250	250

8. Порядок выполнения работы

8.1. Расчёт и конструирование деревянной стойки

1. Определить расчётные характеристики древесины:

$$R_{с \text{ расч}} = R_{с} \times m_v$$

2. Определить расчётную длину стойки:

$$l_0 = \mu \times H$$

3. Задаться предварительной гибкостью $\lambda = 70-100$.

4. Определить требуемый радиус инерции:

$$i_{тр} = l_0 / \lambda$$

5. Для прямоугольного сечения $i \approx 0,289 \times h$, отсюда требуемая высота сечения:

$$h_{тр} = i_{тр} / 0,289$$

6. Задаться шириной сечения $b = h / 1,5$ (рекомендуется не менее 100 мм).

7. Принять стандартные размеры сечения по таблице 6.

8. Определить фактические характеристики:

$$A = b \times h$$

$$i_x = 0,289 \times h$$

$$i_y = 0,289 \times b$$

$$\lambda_x = l_0 / i_x$$

$$\lambda_y = l_0 / i_y$$

9. По наибольшей гибкости определить коэффициент продольного изгиба φ по таблице 4.

10. Проверить устойчивость стойки:

$$N / (\varphi \times A) \leq R_{с \text{ расч}}$$

11. Проверить предельную гибкость: $\lambda_{max} \leq 120$.

8.2. Расчёт лобовой врубки

1. Принять глубину врезки $h_{вр}$ в пределах $20 \text{ мм} \leq h_{вр} \leq h/3$ (для растянутого элемента).

2. Определить расчётное сопротивление смятию под углом α :

$$R_{сма} = R_{см} / [1 + (R_{см} / R_{см90} - 1) \times \sin^3 \alpha]$$

3. Проверить прочность на смятие:

$$N / (b \times h_{вр}) \leq R_{сма}$$

4. Принять длину площадки скалывания $l_{ск} \geq 1,5h$ (для растянутого элемента).

5. Определить среднее расчётное сопротивление скалыванию:

$$R_{скр} = R_{ск} / (1 + \beta \times l_{ск} / e)$$

где $e = 0,5h$ – плечо сил скалывания;

$\beta = 0,25$ – коэффициент.

6. Проверить прочность на скалывание:

$$N / (b \times l_{ск}) \leq R_{скр}$$

7. Проверить растянутый элемент на ослабление врезкой:

$$Ant = b \times (h - h_{вр})$$

$$N / Ant \leq R_p \times m_b \quad (R_p = R_c \text{ для растяжения})$$

9. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Расчёт стойки (Форма 1).

Форма 1. Расчёт деревянной стойки

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Высота стойки	H		м
Коэффициент приведения длины	μ		
Расчётная длина	l_0		м
Продольная сила	N		кН
Расчётное сопротивление древесины	R_c расч		МПа
Принятые размеры сечения	$b \times h$		мм
Площадь сечения	A		см ²
Радиус инерции i_x	i_x		см
Радиус инерции i_y	i_y		см
Гибкость λ_x	λ_x		
Гибкость λ_y	λ_y		
Наибольшая гибкость	λ_{max}		
Коэффициент продольного изгиба	φ		
Напряжение в стойке	$\sigma = N/(\varphi A)$		МПа
Проверка устойчивости	$\sigma \leq R_c$ расч		
Проверка предельной гибкости	$\lambda_{max} \leq 120$		

4. Расчёт лобовой врубки (Форма 2).

Форма 2. Расчёт лобовой врубки

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Угол примыкания	α		град
Ширина стойки	b		мм
Глубина врезки	$h_{вр}$		мм
Расчётное сопротивление смятию под углом	$R_{сма}$		МПа
Напряжение смятия	$\sigma_{см} = N/(b \times h_{вр})$		МПа

Проверка смятия	$\sigma_{см} \leq R_{см\alpha}$		
Длина площадки скалывания	$l_{ск}$		мм
Расчётное сопротивление скалыванию	$R_{скр}$		МПа
Напряжение скалывания	$\tau_{ск} = N/(b \times l_{ск})$		МПа
Проверка скалывания	$\tau_{ск} \leq R_{скр}$		

5. Спецификация материалов (Форма 3).

Форма 3. Спецификация материалов на узел

Позиция	Наименование	Материал, сорт	Сечение, мм	Длина, мм	Кол-во, шт	Объём, м ³
1	Стойка				1	
2	Нижний пояс				1	
3	Подбалка				1	
4	Аварийный болт	Ст. С245	Ø16		1	

6. Чертежи (графическая часть) – формат А3 или А4:

- Расчётная схема стойки
- Поперечное сечение стойки – масштаб 1:5 или 1:10
- Узел лобовой врубки (фронтальная проекция) – масштаб 1:5
- Узел лобовой врубки (вид сверху) – масштаб 1:5

7. Выводы по работе:

- Соответствие запроектированных элементов требованиям норм
- Коэффициент использования несущей способности стойки
- Коэффициент использования несущей способности врубки
- Рекомендации по монтажу и защите древесины

10. Контрольные вопросы

1. Как определяется расчётная длина сжатой стойки в зависимости от закрепления концов?
2. Какие факторы влияют на коэффициент продольного изгиба φ ?
3. Каковы основные правила конструирования лобовой врубки с одним зубом?
4. Как определяется расчётное сопротивление древесины смятию под углом?
5. Почему в формуле для определения среднего сопротивления скалыванию учитывается длина площадки скалывания?
6. Каково назначение аварийного болта в лобовой врулке?
7. Какие ограничения по глубине врезки существуют и почему?
8. Какие коэффициенты условий работы учитываются при расчёте деревянных конструкций?

Практическое занятие № 12

Подбор сечения, проверка несущей способности каменных и армокаменных конструкций.

Целью работы является приобретение практических навыков расчёта каменных и армокаменных конструкций, освоение методики определения несущей способности центрально и внецентренно сжатых элементов (столбов, простенков), подбора сечений, расчёта сетчатого армирования, а также проверки прочности кладки с учётом коэффициентов условий работы и продольного изгиба в соответствии с требованиями СП 15.13330.2020 .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчёта каменных конструкций

№ варианта	Высота элемента Н, м	Размеры сечения $b \times h$, мм	Расчётная нагрузка N, кН	Эксцентриситет е, мм	Марка кирпича/камня	Марка раствора	Тип кладки	Условия эксплуатации	Наличие проёма
1	3,0	380×380	400	0	M100	M75	Сплошная	А	нет
2	3,3	510×510	600	20	M125	M75	Сплошная	Б	нет
3	3,6	640×640	900	30	M150	M100	Сплошная	А	нет
4	3,0	380×510	350	0	M100	M50	Облегчённая	В	нет
5	3,3	510×640	750	25	M125	M100	Сплошная	А	нет
6	3,6	640×770	1100	40	M150	M150	Сплошная	Б	нет
7	4,0	380×640	500	15	M100	M75	Сплошная	В	нет
8	3,3	510×510	550	0	M75	M50	Сплошная	А	нет
9	3,6	640×640	850	35	M125	M100	Облегчённая	Б	нет
10	3,0	380×510	300	0	M75	M50	Сплошная	В	нет

Таблица 2. Варианты исходных данных для расчёта армированных столбов

№ варианта	Высота Н, м	Размеры b×h, мм	Нагрузка N, кН	Эксцентриситет e ₀ , мм	Марка кирпича	Марка раствора	Класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	Размер ячейки сетки, мм	Шаг сетки по высоте
1	3,3	510×510	800	0	M100	M75	B500	4	50×50	через 2 ряда
2	3,6	640×640	1200	0	M125	M100	B500	5	60×60	через 3 ряда
3	3,0	380×510	600	20	M100	M75	B500	4	50×50	через 2 ряда
4	4,0	510×640	1000	25	M125	M100	B500	5	70×70	через 2 ряда
5	3,6	640×770	1500	30	M150	M150	B500	6	80×80	через 3 ряда
6	3,3	510×510	900	0	M150	M100	B500	4	60×60	через 2 ряда
7	3,6	640×640	1300	20	M100	M75	B500	5	70×70	через 3 ряда
8	4,0	380×640	700	15	M125	M100	B500	4	50×50	через 2 ряда
9	3,3	510×640	1100	0	M150	M150	B500	6	80×80	через 3 ряда
10	3,6	640×770	1600	35	M200	M150	B500	6	90×90	через 2 ряда

3. Коэффициенты условий эксплуатации

Таблица 3. Коэффициенты условий работы γ_c

Условия эксплуатации	Характеристика	Коэффициент γ_c
А	Отапливаемые помещения с нормальным влажностным режимом	1,0
Б	Неотапливаемые помещения или открытый воздух в сухой зоне	0,95
В	Помещения с повышенной влажностью (влажность 60–75%)	0,9

4. Расчётные сопротивления кладки

Таблица 4. Расчётные сопротивления сжатию кладки R, МПа (по приложению В СП 15.13330)

Марка кирпича/камня					Марка раствора					
:---: :---: :---: :---: :---:					200 150 100 75 50					
M300	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8					
M250	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5					
M200	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2					
M150	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8					
M125	2,2	2,0	1,9	1,7	1,4					
M100	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3					
M75	1,5	1,4	1,3	1,1	0,9					
M50	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6					

Примечание: для кладки на жёстких цементных растворах в возрасте до 3 мес вводится понижающий коэффициент 0,85 .

5. Коэффициент продольного изгиба и упругая характеристика

Таблица 5. Упругая характеристика кладки α (по таблице 15 СП 15.13330)

Вид кладки					Марка раствора					
:---: :---: :---: :---:					50 25 10					
					\geq					
Из кирпича пластического прессования полнотелого					1000	1000	750			
Из кирпича полусухого прессования					750	750	500			
Из керамических камней					1000	1000	750			
Из силикатного кирпича					750	750	500			

Таблица 6. Коэффициент продольного изгиба φ для неармированной кладки

Гибкость $\lambda_h = H/h$					Упругая характеристика кладки α					
:---: :---: :---: :---: :---:					1500 1000 750 500 350					
4	1,0	1,0	1,0	0,98	0,94					
6	0,98	0,96	0,95	0,91	0,88					
8	0,95	0,92	0,90	0,85	0,80					
10	0,92	0,88	0,84	0,79	0,72					
12	0,88	0,84	0,79	0,72	0,64					
14	0,85	0,79	0,73	0,66	0,57					
16	0,81	0,74	0,68	0,59	0,50					
18	0,77	0,70	0,63	0,53	0,45					
22	0,69	0,61	0,53	0,43	0,35					

6. Нормативно-справочные данные

Таблица 7. Коэффициенты и дополнительные данные

Параметр	Значение
Коэффициент надёжности по ответственности γ_n	1,0
Коэффициент длительной нагрузки m_{dl} (при гибкости $\lambda \leq 15$)	1,0
Коэффициент условий работы кладки при армировании	0,85
Расчётное сопротивление арматуры R_s для класса B500	410 МПа
Модуль упругости арматуры E_s	$2,0 \times 10^5$ МПа
Толщина шва кладки	10–12 мм
Высота ряда кладки (обычный кирпич)	77 мм
Высота ряда кладки (утолщённый кирпич)	100 мм

7. Порядок выполнения работы

7.1. Расчёт неармированной каменной конструкции

1. Определить расчётное сопротивление кладки сжатию R по таблице 4 в зависимости от марки кирпича и марки раствора.

2. Ввести коэффициент условий эксплуатации γ_c по таблице 3.

3. Определить упругую характеристику кладки α по таблице 5.

4. Определить расчётную длину элемента:

$$l_0 = \mu \times H$$

где $\mu = 1,0$ (для шарнирного закрепления).

5. Определить гибкость элемента:

$$\lambda_{_h} = l_0 / h$$

6. Определить коэффициент продольного изгиба φ по таблице 6 в зависимости от гибкости $\lambda_{_h}$ и упругой характеристики α .

7. Определить несущую способность центрально-сжатого элемента:

$$N \leq \varphi \times m_{дл} \times \gamma_c \times R \times A$$

8. Для внецентренно-сжатых элементов:

○ Определить высоту сжатой зоны: $h_c = h - 2e_0$

○ Определить коэффициент $\varphi_1 = (\varphi + \varphi_c)/2$, где φ_c — коэффициент для сжатой части сечения

○ Определить площадь сжатой зоны $A_c = b \times h_c$

○ Проверить несущую способность: $N \leq \varphi_1 \times m_{дл} \times \gamma_c \times R \times A_c \times \omega$

ω

7.2. Расчёт армокаменных конструкций с сетчатым армированием

1. Определить процент армирования кладки μ :

$$\mu = (2 \times A_s) / (c \times s) \times 100\%$$

где A_s — площадь сечения одного стержня арматуры;
 c — размер ячейки сетки, см;
 s — шаг сеток по высоте, см.

2. Проверить условие: $\mu \leq \mu_{max} = 1\%$.

3. Определить расчётное сопротивление армированной кладки R_{sk} :

$$R_{sk} = R + (2 \times \mu \times R_s) / 100$$

4. Определить упругую характеристику армированной кладки α_{sk} .

5. Выполнить расчёт несущей способности армированного элемента по формулам п. 7.1, подставляя R_{sk} вместо R и α_{sk} вместо α .

8. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 или 2 по варианту).

3. Расчёт неармированной конструкции (Форма 1).

Форма 1. Расчёт неармированной каменной конструкции

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Расчётное сопротивление кладки	R		МПа

Коэффициент условий эксплуатации	γ_c		
Упругая характеристика кладки	α		
Гибкость элемента	$\lambda \cdot h$		
Коэффициент продольного изгиба	φ		
Площадь сечения	A		см ²
Несущая способность (центральное сжатие)	N_{adm}		кН
Действующая нагрузка	N		кН
Коэффициент использования	N/N_{adm}		

4. Расчёт армированной конструкции (Форма 2).

Форма 2. Расчёт армированной каменной конструкции

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Процент армирования	μ		%
Расчётное сопротивление армированной кладки	R_{sk}		МПа
Коэффициент продольного изгиба (для армированной)	φ		
Несущая способность армированного элемента	$N_{adm,арм}$		кН
Действующая нагрузка	N		кН
Коэффициент использования	$N/N_{adm,арм}$		

5. Спецификация материалов (Форма 3).

Форма 3. Спецификация материалов

№ п/п	Наименование	Марка, тип	Количество	Ед. изм.
1	Кирпич керамический	М...		шт
2	Раствор цементный	М...		м ³
3	Арматура	B500 Ø...		кг
4	Сетки арматурные	...×...		шт

6. Выводы по работе:

- Соответствие запроектированного элемента требованиям норм
- Коэффициент использования несущей способности
- Эффективность применения армирования
- Рекомендации по производству работ

9. Контрольные вопросы

1. Как определяется расчётное сопротивление кладки сжатию? От каких факторов оно зависит?

2. Какие коэффициенты условий работы учитываются при расчёте каменных конструкций?

3. Как определяется гибкость элемента и коэффициент продольного изгиба φ ?

4. В чём особенность расчёта внецентренно сжатых элементов?

5. Какие требования предъявляются к сетчатому армированию каменных конструкций?

6. Как определяется процент армирования для кладки с сетками?

7. Каковы ограничения по проценту армирования?

8. Как влияет эксцентриситет на несущую способность элемента?

9. Какие нормативные документы регламентируют расчёт каменных и армокаменных конструкций?

Порядок проведения лабораторных работ

Лабораторная работа №1

Определение гранулометрического состава песка

Целью работы является определение гранулометрического (зернового) состава песка методом ситового анализа, установление степени однородности материала и классификация песка по крупности в соответствии с требованиями ГОСТ 8736-2014 и ГОСТ 12536-2014 .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар.	Масса пробы, г	Набор сит, мм	Тип песка по заданию	Наличие пылеватых частиц	Влажность песка	Район отбора пробы
1	1000	10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1	Крупный	Нет	Естественная	Карьер "Северный"
2	1000	10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1	Средний	Есть (5%)	Сухой	Карьер "Южный"

3. Оборудование и материалы

1. Набор лабораторных сит с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм и поддоном
2. Весы лабораторные с погрешностью взвешивания до 0,01 г
3. Шкаф сушильный с терморегулятором (105 ± 5) °С
4. Фарфоровая ступка с пестиком с резиновым наконечником
5. Чашки фарфоровые или стаканчики для взвешивания
6. Встряхиватель механический для сит (при наличии)
7. Противни или листы бумаги
8. Емкость для промывки воды

4. Порядок выполнения работы

4.1. Подготовка к испытанию

1. Отобрать пробу песка методом квартования. Масса пробы должна составлять 1000 г (согласно варианту).
2. Высушить пробу до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре (105 ± 5)°С.
3. Очистить сита и смонтировать их в колонку, размещая от поддона вверх в порядке увеличения размеров отверстий: поддон, 0,1 мм, 0,25 мм, 0,5 мм, 1 мм, 2 мм, 5 мм, 10 мм. На верхнее сито надеть крышку.

4.2. Проведение испытания

Для варианта 2 (с наличием пылеватых частиц) – метод с промывкой водой:

1. Взвесить высушенную пробу песка и высыпать в фарфоровую чашку.
2. Смочить пробу водой и растереть пестиком с резиновым наконечником для разрушения комков.

3. Залить пробу водой, тщательно взмутить и дать отстояться 10–15 секунд. Слить мутную воду через сито 0,1 мм, стараясь не выплеснуть осевшие частицы.

4. Повторять операцию до тех пор, пока вода над осадком не станет прозрачной.

5. Собрать оставшийся в чашке песок и частицы на сите 0,1 мм обратно в чашку, высушить до постоянной массы и взвесить.

6. Потерю в массе записать как содержание фракции менее 0,1 мм. Для варианта 1 – сухой метод:

1. Высыпать высушенную пробу на верхнее сито набора.

2. Произвести просеивание вручную или механическим способом в течение 10–15 минут до прекращения прохождения частиц.

3. Остатки на каждом сите и на поддоне перенести в заранее взвешенные чашки и взвесить с точностью до 0,01 г.

4.3. Обработка результатов

1. Рассчитать частные остатки на каждом сите (масса остатка на данном сите).

2. Проверить сходимость: сумма масс всех фракций должна совпадать с массой исходной пробы (допустимое расхождение не более 1%).

3. Вычислить содержание каждой фракции в процентах:

$$A_i = (m_i / m) \times 100\%$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г; m – масса исходной пробы, г.

4. Определить полные остатки на каждом сите (сумма частных остатков на данном сите и всех вышестоящих ситах).

5. Вычислить модуль крупности песка:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}) / 100$$

где $A_{2,5}$ и др. – полные остатки на ситах с размером отверстий 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм (по ГОСТ 8736).

5. Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Результаты ситового анализа (Форма 1).

Форма 1. Результаты ситового анализа песка

Размер фракций, мм	Масса остатка, г	Частный остаток, %	Полный остаток, %
> 10			
10 – 5			
5 – 2			
2 – 1			
1 – 0,5			
0,5 – 0,25			
0,25 – 0,1			
< 0,1			
Итого:		100	

4. Расчёт модуля крупности (Форма 2).

Форма 2. Расчёт модуля крупности

Размер сита, мм	Полный остаток, %
2,5	
1,25	
0,63	
0,315	
0,16	
Сумма	
Модуль крупности M_k	

5. Суммарная кривая однородности (график зависимости полного остатка от размера частиц в полулогарифмическом масштабе).

6. Выводы по работе:

- Наименование песка по гранулометрическому составу (крупный, средний, мелкий, очень мелкий)
- Степень однородности песка
- Соответствие требованиям ГОСТ 8736-2014
- Рекомендуемая область применения (строительные растворы, бетоны, дорожное строительство)

6. Контрольные вопросы

1. Что такое гранулометрический состав и для чего его определяют?
2. Какие методы определения зернового состава существуют?
3. В каких случаях применяют ситовой анализ с промывкой водой?
4. Какие размеры сит входят в стандартный набор для анализа песка?
5. Как классифицируют песок по крупности в строительстве?
6. Что такое модуль крупности и как его рассчитывают?
7. Какие требования предъявляются к точности взвешивания при ситовом анализе?
8. Как строят суммарную кривую однородности и что она показывает?

Лабораторная работа №2

Определение водопотребности и сроков схватывания цементного теста

Целью работы является определение нормальной густоты (водопотребности) цементного теста и установление сроков его схватывания (начала и конца) с помощью прибора Вика в соответствии с требованиями ГОСТ 310.3-76 .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ ва р.	Тип цемента	Масса пробы, г	Ориентировочное количество воды, мл	Количество воды для нормальной густоты (по заданию), мл	Температура в лаборатории, °С	Относительная влажность, %
1	Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н	400	100–125	Подбирается экспериментально	20 ± 2	65

2	Портландцемент ЦЕМ I 32,5Н	400	105–130	Подбирается экспериментально	22 ± 2	60
---	----------------------------	-----	---------	------------------------------	--------	----

3. Оборудование и материалы

1. Прибор Вика с комплектом сменных насадок (металлический пестик и игла). Масса подвижной части прибора должна составлять 300±2 г.
2. Кольцо для прибора Вика (усеченный конус) и пластинка (из нержавеющей стали или пластика).
3. Мешалка для приготовления цементного теста (механическая лопастная или ручная: чаша сферической формы и лопатка из упругой нержавеющей стали).
4. Весы лабораторные с погрешностью до 0,1 г.
5. Мерный цилиндр (мензурка) на 100–150 мл с ценой деления 1 мл.
6. Секундомер.
7. Нож для срезания излишков теста, влажная ткань.
8. Машинное масло (технический вазелин) для смазки кольца.
9. Вода водопроводная.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Подготовка к испытанию

1. Подготовить пробу цемента (просеивание через сито № 02, доведение до температуры в помещении лаборатории).
2. Проверить прибор Вика:
 - Проверить свободное перемещение стержня в обойме.
 - Проверить нулевое показание: при соприкосновении пестика (или иглы) с пластинкой указатель должен совпадать с нулевой отметкой шкалы.
3. Кольцо и пластинку смазать тонким слоем машинного масла.

4.2. Определение нормальной плотности (водопотребности) цементного теста

1. Отвесить 400 г цемента.
2. В мерный цилиндр налить ориентировочное количество воды (согласно варианту).
3. Приготовление теста:
 - Чашу протереть влажной тканью (влажная, но без свободной воды).
 - Высыпать цемент в чашу, сделать в нем углубление.
 - Влить в углубление всю отмеренную воду в один прием.
 - Через 30 секунд начать перемешивание: сначала осторожно, затем энергично растереть тесто лопаткой.
 - Общая продолжительность перемешивания должна составлять 5 минут от момента приливания воды.
4. Заполнение кольца:
 - Готовое тесто за один прием уложить в кольцо, установленное на пластинке.
 - Для удаления пузырьков воздуха 5–6 раз встряхнуть кольцо, постукивая пластинкой о твердое основание.

- Избыток теста срезать ножом, протертым влажной тканью, заподлицо с краями кольца.
- 5. Измерение:
 - Установить кольцо с тестом на прибор Вика под пестик.
 - Опустить пестик до соприкосновения с поверхностью теста в центре кольца и закрепить стержень стопором.
 - Быстро освободить стопор, давая пестику свободно погружаться в тесто.
 - Через 30 секунд после освобождения стержня произвести отсчет глубины погружения по шкале.
- 6. Подбор состава:
 - Если пестик не дошел до пластинки на 5-7 мм, данная консистенция соответствует нормальной густоте.
 - Если погружение больше – воды слишком много, необходимо уменьшить количество воды и повторить замес.
 - Если погружение меньше – воды слишком мало, необходимо увеличить количество воды и повторить замес.
- 7. Испытания повторять с новыми навесками цемента до достижения требуемого погружения. Количество воды определяют с точностью до 0,25%.

4.3. Определение сроков схватывания (на тесте нормальной густоты)

1. Заменить пестик в приборе Вика на стальную иглу.
2. Приготовить новую порцию цементного теста нормальной густоты (с найденным количеством воды) по той же методике.
3. Заполнить кольцо тестом и установить на прибор под иглу. Засечь время окончания затворения (начала приготовления теста) – это точка отсчета.
4. Первое погружение:
 - Опустить иглу до соприкосновения с поверхностью теста, закрепить стопор, затем быстро освободить его, давая игле свободно погружаться.
 - В начале испытания, пока тесто жидкое, можно слегка придерживать иглу, чтобы она не ударилась о пластинку.
5. Интервалы:
 - В начальный период погружения иглы производят через каждые 10 минут.
 - Перед каждым погружением кольцо сдвигают, чтобы игла не попадала в предыдущие проколы (расстояние между проколами и от края кольца не менее 10 мм).
 - Иглу после каждого погружения вытирают.
6. Фиксация начала схватывания:
 - Определить момент, когда игла при погружении не доходит до пластинки на 2-4 мм.
 - Зафиксировать время (в минутах), прошедшее от момента затворения до этого момента. Это начало схватывания.
7. Фиксация конца схватывания:
 - Продолжить измерения (интервал можно увеличить до 30 минут).
 - Определить момент, когда игла опускается в тесто не более чем на 1-2 мм.

- Зафиксировать время от момента затворения до этого момента. Это конец схватывания.

5. Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.
2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Определение нормальной густоты (Форма 1).

Форма 1. Определение нормальной густоты цементного теста

№ замеса	Масса цемента, г	Количество воды, мл	Водоцементное отношение В/Ц, %	Глубина погружения пестика, мм	Примечание
1	400				
2	400				
3	400				
Нормальная густота					

4. Определение сроков схватывания (Форма 2).

Форма 2. Определение сроков схватывания цементного теста

Время от затворения, мин	Глубина погружения иглы, мм	Примечание
0	–	Затворение
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
Начало схватывания	36-38	время: мин
Конец схватывания	1-2	время: мин

5. Результаты испытаний (Форма 3).

Форма 3. Результаты испытаний цемента

Параметр	Значение	Требования ГОСТ
Тип цемента		
Нормальная густота, %		
Начало схватывания, мин		Не ранее 45 мин
Конец схватывания, мин		Не позднее 10 ч (600 мин)
Заключение о соответствии		

6. Выводы по работе:

- Соответствие водопотребности цемента его типу
- Соответствие сроков схватывания требованиям ГОСТ
- Влияние полученных данных на технологию производства бетонных работ
- Рекомендации по применению данного цемента

6. Контрольные вопросы

1. Что понимают под "нормальной густотой" цементного теста?

2. Почему количество воды для получения теста нормальной густоты выражают в процентах от массы цемента?
3. Какие процессы происходят в цементном тесте в период между началом и концом схватывания?
4. Как изменится срок схватывания, если увеличить количество воды затворения по сравнению с нормальной густотой?
5. Каково назначение смазки кольца прибора Вика маслом?
6. Какие факторы влияют на сроки схватывания цемента?
7. Почему начало схватывания нормируется не ранее 45 минут?
8. Какое практическое значение имеют сроки схватывания цемента?

Лабораторная работа №3 **Приготовление бетонной смеси и проверка** **свойств бетонной смеси**

Целью работы является приобретение практических навыков приготовления бетонной смеси заданного состава, освоение методов определения ее технологических свойств (удобоукладываемости, средней плотности), а также корректировка состава для достижения требуемых параметров в соответствии с ГОСТ 10181-2014 .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар.	Класс бетона	Требуемая подвижность ОК, см	Объем замеса, л	Крупность заполнителя, мм	Жесткость смеси	Условия уплотнения	Тип конструкции
1	B25	4-6	10	20	Подвижная	Вибрирование	Фундамент
2	B30	2-4	10	40	Малоподвижная	Вибрирование	Колонна

3. Оборудование и материалы

1. Оборудование для перемешивания: лабораторная бетономешалка или стальная чаша (противень) и совковая лопатка (кельма) для ручного перемешивания.

2. Приборы для испытаний:

- Форма-конус для определения подвижности (стандартный конус размером: высота 300 мм, диаметр нижнего основания 200 мм, верхнего — 100 мм).

- Металлическая линейка (не менее 300 мм) и штангенциркуль.

- Штыковка (металлический стержень диаметром 16 мм, длиной 600 мм с закругленным концом).

- Секундомер.

- Лабораторная виброплощадка (для жестких смесей).

3. Измерительные инструменты: весы лабораторные, мерные цилиндры на 250 и 1000 мл.

4. Вспомогательные материалы и оборудование:

○ Формы для изготовления контрольных образцов (кубы 100×100×100 мм), смазанные тонким слоем технического вазелина или масла.

- Сушильный шкаф.
- Противни, совки, влажная ткань.

5. Материалы:

- Портландцемент (3-5 кг).
- Песок кварцевый (мытый, высушенный).
- Щебень (гравий) фракции 5-20 мм или 20-40 мм (высушенный).
- Вода водопроводная.

4. Состав бетона (на 1 м³)

Таблица 2. Ориентировочный состав бетона (на 1 м³)

№ вар.	Класс бетона	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Вода, л	В/Ц
1	B25	350	700	1150	175	0,5
2	B30	400	650	1100	160	0,4

5. Порядок выполнения работы

5.1. Подготовка к испытанию

1. Выполнить расчет состава бетона на замес объемом 10 л (умножить расход на 1 м³ на 0,01).

2. Подготовить заполнители (песок и щебень) – они должны быть предварительно высушены до постоянной массы при температуре не выше 80°С и охлаждены до комнатной температуры.

3. Отвесить необходимое количество цемента, песка, щебня. Отмерить расчетный объем воды. Точность дозирования ±1%.

5.2. Приготовление пробного замеса

1. Сухое перемешивание: в смоченную чашу (или бетономешалку) высыпать отвешенное количество песка и цемента. Перемешивать до получения однородной по цвету сухой смеси (около 1 минуты).

2. Введение крупного заполнителя: добавить в сухую смесь щебень и тщательно перемешать до равномерного распределения щебня по всему объему.

3. Затворение водой: в середине сухой смеси сделать лунку (воронку), влить примерно половину отмеренной воды и осторожно перемешать. Затем добавить оставшуюся воду и непрерывно перемешивать до получения полностью однородной бетонной смеси. Общая продолжительность перемешивания с водой должна составлять не менее 5 минут.

5.3. Определение подвижности бетонной смеси (осадка конуса)

1. Установка формы: смоченную водой форму-конус установить на гладкий металлический лист (или плиту).

2. Заполнение: заполнить конус бетонной смесью в три слоя примерно равной высоты. Каждый слой уплотнить 25-кратным штыкованием металлическим стержнем (штыковкой).

3. Снятие излишков: после уплотнения последнего слоя излишки смеси срезать кельмой (лопаткой) заподлицо с краями конуса.

4. Подъем формы: через 5-10 секунд после срезки форму осторожно снять, поднимая ее строго вертикально вверх, и установить рядом с отформованным конусом бетона.

5. Измерение: как только бетон перестанет оседать, измерить расстояние от верхнего среза формы-конуса до верха осевшей бетонной смеси с помощью линейки. Измерение проводят дважды (вдоль и поперек конуса) и находят среднее арифметическое с точностью до 0,5 см.

5.4. *Корректировка состава (при необходимости)*

Если фактическая подвижность не соответствует заданной, провести корректировку:

- Если ОК < заданной (смесь слишком жесткая): добавить 3-5% воды и соответствующее количество цемента (для сохранения водоцементного отношения В/Ц).

- Если ОК > заданной (смесь слишком жидкая): добавить 3-5% песка и щебня (в той же пропорции, что и в расчете).

После добавления компонентов смесь повторно перемешать (3-5 мин) и вновь определить подвижность. Процесс повторять до достижения заданного значения.

5.5. *Определение средней плотности бетонной смеси*

1. Взвесить чистый мерный цилиндр (сосуд) известного объема (например, 1 литр). Масса — m_c .

2. Уложить бетонную смесь в цилиндр с уплотнением (штыкованием или на виброплощадке).

3. Зачистить поверхность и взвесить цилиндр с бетонной смесью — m_{c+b} .

4. Рассчитать среднюю плотность:

$$\rho = (m_{c+b} - m_c) / V \times 1000, \text{ кг/м}^3$$

5.6. *Изготовление контрольных образцов*

1. Подготовленные формы (смазанные маслом) заполнить бетонной смесью.

2. Уплотнение:

- Для варианта 1 (ОК=4-6 см) – штыкование.

- Для варианта 2 (ОК=2-4 см) – вибрирование на лабораторной виброплощадке до полного уплотнения (появления цементного молока на поверхности).

3. Свежесформованные образцы хранить в формах при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение суток, затем извлечь, промаркировать и поместить в камеру нормального твердения (или под влажную ткань) для последующих испытаний на прочность в возрасте 7 и 28 суток.

6. Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Расчет состава бетона на замес (Форма 1).

Форма 1. Расчет состава бетона на 10 л замеса

Материалы	Ед. изм.	Расход на 1 м ³	Расход на 10 л (расчетный)
Цемент	кг		
Песок	кг		
Щебень	кг		
Вода	л		
В/Ц			

4. Определение подвижности бетонной смеси (Форма 2).

Форма 2. Определение подвижности бетонной смеси

Показатель	Значение
Осадка конуса (заданная), см	
Осадка конуса (фактическая), см	
Соответствие заданной	
Корректировка состава (если проводилась)	

5. Определение средней плотности (Форма 3).

Форма 3. Определение средней плотности бетонной смеси

Показатель	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Масса пустого сосуда	m _c		г
Масса сосуда со смесью	m _{c+б}		г
Масса смеси	m _б		г
Объем сосуда	V		л
Средняя плотность	ρ		кг/м ³

6. Фактический расход материалов после корректировки (Форма 4).

Форма 4. Фактический расход материалов на 1 м³ бетона

Материалы	Расход на 10 л (факт. после корр.)	Расход на 1 м ³ (факт.)
Цемент, кг		
Песок, кг		
Щебень, кг		
Вода, л		
В/Ц		

7. Выводы по работе:

○ Соответствие полученной бетонной смеси заданным требованиям по удобоукладываемости

○ Фактическая средняя плотность смеси

○ Тип конструкций, для которых рекомендуется данная смесь

○ Рекомендации по применению в производственных условиях

7. Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на удобоукладываемость бетонной смеси?

2. Чем отличается подвижная бетонная смесь от жесткой?

3. Почему крупный заполнитель (щебень) вводят после перемешивания песка с цементом?

4. Для чего проводят корректировку состава бетонной смеси после пробного замеса?

5. Какова цель уплотнения бетонной смеси при формировании изделий?

6. Каким документом регламентируются методы испытаний бетонных смесей?

7. Что такое водоцементное отношение и как оно влияет на свойства бетона?

8. Какие способы уплотнения бетонной смеси существуют и от чего зависит их выбор?

Лабораторная работа №4

Испытания арматуры для железобетонных конструкций

Целью работы является определение механических свойств арматурной стали (предела текучести, временного сопротивления, относительного удлинения после разрыва) путем испытаний на растяжение, а также классификация испытываемого образца по классу прочности в соответствии с требованиями ГОСТ 12004-81 .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар.	Класс арматуры по заданию	Номинальный диаметр, мм	Тип профиля	Длина образца, мм	Марка стали	Количество образцов в серии
1	A400	12	Периодический	400	35ГС	3
2	A500	16	Периодический	450	25Г2С	3

3. Оборудование и материалы

1. Испытательная машина: универсальная разрывная машина (например, ИР 5057-50, Р-20 или аналогичная) с усилием, соответствующим ожидаемой нагрузке разрушения образца.

2. Образцы для испытаний: арматурные стержни заданного диаметра и длины (3 образца на вариант).

3. Измерительные инструменты:

- Штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм (ГОСТ 166).
- Микрометр (ГОСТ 6507).
- Металлическая линейка с ценой деления 1 мм (ГОСТ 427).
- Керн и молоток (или делительная машина) для нанесения меток.
- Весы технические с погрешностью взвешивания не более 2 г.

4. Вспомогательные материалы: маркер, зубило, мягкая подкладка (свинец или медь) для правки образцов.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Подготовка к испытанию

1. Отобрать три образца арматуры заданного диаметра от каждой партии.

2. Визуально осмотреть образцы: на поверхности не должно быть расслоений, трещин, плен и резких перегибов.

3. При необходимости (если образец имеет кривизну, затрудняющую центровку в захватах) произвести правку плавным давлением или легкими ударами молотка по образцу, лежащему на мягкой подкладке. Подкладка и молоток должны быть из более мягкого материала (например, меди или свинца), чем сталь.

4. Измерение площади поперечного сечения:

○ Для стержней периодического профиля площадь поперечного сечения определяют по массе образца:

- Отрезать образец длиной не менее 200 мм.
- Взвесить образец с погрешностью не более 1-2 г.
- Измерить фактическую длину образца.
- Вычислить начальную площадь сечения F_0 , мм²:

$$F_0 = (m \times 1000) / (\rho \times l)$$

где m – масса образца, г; l – длина образца, м; ρ – плотность стали (7850 кг/м³).

4.2. Нанесение меток и разметка

1. Определить начальную расчетную длину образца l_0 . Согласно ГОСТ 12004-81, для диаметра до 20 мм включительно начальная расчетная длина должна составлять не менее 200 мм.

2. Нанести на образец метки (керном или делительной машиной), разделив расчетную длину на n равных частей (не менее 10 интервалов). Расстояние между метками не должно превышать величину d .

4.3. Проведение испытания

1. Установка образца в машину:

○ Закрепить образец в захватах разрывной машины, строго следя за центрированием (продольная ось образца должна совпадать с направлением растяжения). Перекосы недопустимы.

○ Установить указатель силоизмерителя на ноль (если требуется).

2. Процесс нагружения:

○ Включить машину и начать нагружение со скоростью не более 10 МПа в секунду до достижения предела текучести.

○ При наличии площадки текучести зафиксировать нагрузку R_T , соответствующую пределу текучести.

○ За пределом текучести продолжить нагружение до разрушения образца.

○ Зафиксировать максимальную нагрузку R_{max} , которую выдержал образец.

3. Измерения после разрушения:

○ Сложить обе части разрушенного образца плотно вместе по линии разрыва.

○ Используя метод "n интервалов", определить конечную расчетную длину l_k (измеряется по меткам, исключая зону разрыва).

○ Если место разрыва находится ближе к краю захвата, чем половина начальной расчетной длины, результат испытания считается недостоверным.

5. Обработка результатов

1. Предел текучести (при наличии площадки текучести), МПа:

$$\sigma_T = R_T / F_0$$

2. Временное сопротивление (предел прочности), МПа:

$$\sigma_B = R_{max} / F_0$$

3. Относительное удлинение после разрыва, %:

$$\delta = (l_k - l_0) / l_0 \times 100\%$$

4. Результаты испытаний занести в таблицу и определить средние значения по трем образцам.

6. Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Результаты измерений геометрических параметров (Форма 1).

Форма 1. Определение площади поперечного сечения

№ образца	Длина образца l, мм	Масса m, г	Площадь сечения F ₀ , мм ²
1			
2			
3			

4. Результаты испытаний на растяжение (Форма 2).

Форма 2. Результаты испытаний арматурной стали

Параметр	Обозначение	Ед. изм.	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Среднее значение
Начальная расчетная длина	l ₀	мм				
Конечная расчетная длина	l _к	мм				
Нагрузка текучести	R _T	кН				
Максимальная нагрузка	R _{max}	кН				
Предел текучести	σ _T	МПа				
Временное сопротивление	σ _B	МПа				
Относительное удлинение	δ	%				

5. Сравнение с нормативными требованиями (Форма 3).

Форма 3. Соответствие нормативным требованиям (ГОСТ 34028-2016)

Показатель	Класс арматуры по заданию	Нормативные требования	Фактические значения	Заключение
Предел текучести σ _T , МПа	A400	≥ 400		
Временное сопротивление σ _B , МПа	A400	≥ 500		
Относительное удлинение δ, %	A400	≥ 14		
Предел текучести σ _T , МПа	A500	≥ 500		
Временное сопротивление σ _B , МПа	A500	≥ 600		
Относительное	A500	≥ 12		

удлинение δ , %				
------------------------	--	--	--	--

6. Выводы по работе:

- Класс арматурной стали по результатам испытаний
- Соответствие полученных характеристик требованиям ГОСТ
- Оценка пластичности стали по относительному удлинению
- Рекомендации по применению данной арматуры в железобетонных

конструкциях

7. Контрольные вопросы

1. Какие механические свойства арматурной стали определяют в данной работе?

2. В чем разница между физическим и условным пределом текучести?

3. Для чего определяют относительное удлинение после разрыва?

4. Как влияет класс арматуры (прочность) на ее пластичность?

5. Какие требования предъявляются к испытательной машине и скорости нагружения?

6. Что такое площадка текучести и для каких сталей она характерна?

7. Как определяется площадь сечения арматуры периодического профиля?

8. Какие нормативные документы регламентируют испытания арматурной стали?

Лабораторная работа №5

Определение предела прочности бетона на сжатие

Целью работы является определение предела прочности бетона на сжатие путем испытания стандартных контрольных образцов-кубов в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012, а также установление класса бетона по прочности на основе полученных результатов .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар.	Класс бетона по заданию	Размер образцов-кубов, мм	Количество образцов в серии	Возраст бетона, сут	Условия твердения	Хранение образцов
1	B25	100×100×100	3	28	Нормальные	В камере нормального твердения
2	B30	100×100×100	3	28	Нормальные	Под влажной тканью

3. Оборудование и материалы

1. Испытательная машина (пресс): гидравлический или электромеханический пресс, обеспечивающий статическое нагружение образца с постоянной скоростью.

2. Контрольные образцы: бетонные кубы размером 100×100×100 мм (изготовленные на предыдущем занятии).

3. Измерительные инструменты:

- Штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм (ГОСТ 166).

- Металлическая линейка с ценой деления 1 мм (ГОСТ 427).
- Угольник поверочный 90° (ГОСТ 3749).
- Поверочная плита или лекальная линейка.
- 4. Вспомогательные материалы:
 - Шлифовальный круг или абразивный порошок (для подготовки поверхностей).
 - Свинцовые или алюминиевые прокладки (при необходимости выравнивания).
 - Маркер, этикетки.
 - Ветошь.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Подготовка к испытанию

1. Принять серию контрольных образцов-кубов, изготовленных из бетонной смеси заданного состава (из лабораторной работы №3).
2. Визуально осмотреть образцы. На поверхности не должно быть раковин диаметром более 10 мм, сколов ребер глубиной более 5 мм, трещин и следов расслоения.
3. Убедиться, что возраст образцов соответствует заданному (28 суток).

4.2. Контроль геометрических параметров

1. Измерить линейкой или штангенциркулем линейные размеры каждого образца (длину ребер куба) с точностью до 0,1 мм. Измерения проводят по середине каждого ребра.
2. Рассчитать площадь поперечного сечения A , мм², как среднее арифметическое размеров рабочего сечения (произведение средних значений длины и ширины грани, к которой будет приложена нагрузка).
3. Проверка плоскостности: опорные грани образца проверить на отсутствие просвета с помощью поверочной линейки или плиты. Отклонения от плоскостности не должны превышать 0,1 мм.
4. Проверка перпендикулярности: проверить угольником отклонение смежных граней от перпендикулярности. Оно не должно превышать 0,1 мм.

4.3. Подготовка поверхности

Если образцы не удовлетворяют требованиям по плоскостности, их поверхности необходимо выровнять:

- Шлифование: опорные грани шлифовать на шлифовальном круге до устранения неровностей.
- Выравнивание слоем пасты: нанесение тонкого слоя быстротвердеющего цементного теста с последующим прижатием к стеклу или плите.

4.4. Проведение испытания

1. Установка образца в пресс:
 - Очистить опорные плиты пресса от загрязнений.
 - Установить образец на нижнюю плиту пресса строго по центру (геометрическая ось образца должна совпадать с осью нагружения).

- Опустить верхнюю плиту до легкого касания с верхней гранью образца.
- Проверить отсутствие перекосов.
- 2. Процесс нагружения:
 - Включить пресс и начать нагружение. Скорость нарастания нагрузки должна быть постоянной и составлять $0,6 \pm 0,2$ МПа/с (для образца 100×100 мм это соответствует примерно 6 ± 2 кН/с).
 - Плавно увеличивать нагрузку до полного разрушения образца. Не допускать рывков и ударов.
 - Зафиксировать максимальное усилие F (разрушающую нагрузку) в момент разрушения. Результат записать с точностью до 0,1 кН.
- 3. Визуальный осмотр разрушения: зарисовать или отметить характер разрушения (конусообразное, распад на отдельные призмы, хрупкое дробление). Обратит внимание на наличие крупных раковин или каверн внутри образца.
- 4. Повторить испытания для всех трех образцов серии.

4.5. Особые случаи

Если разрушение образца произошло по дефектному месту (крупная раковина, инородное включение) или была нарушена центровка, результат такого испытания может быть отбракован. Решение об отбраковке принимает руководитель.

5. Обработка результатов

1. Расчет прочности единичного образца:

$$R_i = F / A, \text{ МПа}$$
 где F – разрушающая нагрузка, Н; A – площадь рабочего сечения образца, мм².

Результат вычисляют с точностью до 0,1 МПа.

2. Приведение к базовому размеру (масштабный коэффициент):
Для образцов размером 100×100 мм вводится масштабный коэффициент $K_m = 0,95$.

$$R_{\text{прив}} = R_i \times 0,95, \text{ МПа}$$

3. Обработка серии образцов:
 - Вычислить среднее арифметическое значение прочности серии $R_{\text{ср}}$ из трех образцов.
 - Определить размах результатов (максимальное и минимальное значение).

4. Определение класса бетона:

Для учебных целей класс бетона B можно определить приближенно:

$$B = R_{\text{ср}} \times (1 - 1,64 \times v)$$

где v – коэффициент вариации прочности (для учебных расчетов принимают $v = 0,135$).

6. Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).
3. Результаты измерений геометрических параметров (Форма 1).

Форма 1. Геометрические параметры образцов

Параметр	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Размер ребра a, мм			
Размер ребра b, мм			
Размер ребра h, мм			
Площадь сечения A, мм ²			
Отклонения от плоскостности, мм			
Отклонения от перпендикулярности, мм			
Заключение о пригодности			

4. Результаты испытаний на сжатие (Форма 2).

Форма 2. Результаты испытаний бетона на сжатие

Параметр	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Среднее значение
Разрушающая нагрузка F, кН				
Прочность единичная R _i , МПа				
Масштабный коэффициент K _м	0,95	0,95	0,95	
Приведенная прочность R _{прив} , МПа				R _{ср} =

5. Определение класса бетона (Форма 3).

Форма 3. Определение класса бетона

Параметр	Значение
Средняя прочность R _{ср} , МПа	
Коэффициент вариации v (принятый)	0,135
Класс бетона B (расчетный)	
Класс бетона по заданию	
Заключение о соответствии	

6. Описание характера разрушения образцов (Форма 4).

Форма 4. Характер разрушения образцов

Образец	Характер разрушения	Эскиз
№1		
№2		
№3		

7. Выводы по работе:

- Фактическая средняя прочность бетона на сжатие
- Соответствие полученной прочности заданному классу бетона
- Однородность бетона (разброс значений)
- Характер разрушения образцов и его связь с качеством бетона
- Рекомендации по применению данного бетона в конструкциях

7. Контрольные вопросы

1. Почему образец должен быть установлен строго по центру плит пресса? Что будет при смещении?
2. Какое значение имеет скорость нагружения при испытании бетона?
3. Для чего нужен масштабный коэффициент и как он изменяется с увеличением размера образца?
4. Чем отличается класс бетона (B) от марки бетона (M)?

5. Какие факторы влияют на прочность бетона в конструкции помимо состава смеси?

6. Какие методы неразрушающего контроля прочности бетона существуют?

7. Что такое коэффициент вариации прочности и что он характеризует?

8. Какие требования предъявляются к контрольным образцам перед испытанием?

Лабораторная работа №6

Испытание и контроль качества бетона неразрушающим способом

Целью работы является ознакомление с современными неразрушающими методами контроля прочности бетона, приобретение практических навыков работы с приборами (склерометром и ультразвуковым тестером), построение градуировочных зависимостей и сравнительный анализ результатов, полученных разными методами, в соответствии с ГОСТ 22690-2015 и ГОСТ 17624-2021 .

2. Исходные данные (варианты заданий)

Таблица 1. Варианты исходных данных

№ вар .	Класс бетона по заданию	Тип образцов/конструкций	Количество участков испытаний	Методы контроля	Влажность поверхности	Температура воздуха, °С
1	B25	Контрольные образцы-кубы 100×100×100 мм (3 шт.)	3	Упругого отскока (склерометр) + ультразвуковой	Сухая	20±2
2	B30	Контрольные образцы-кубы 100×100×100 мм (3 шт.)	3	Упругого отскока (склерометр) + ультразвуковой	Сухая	20±2

3. Оборудование и материалы

1. Приборы неразрушающего контроля:

○ Склерометр (молоток Шмидта) типа ОНИКС, ИПС-МГ4 или аналогичный.

○ Ультразвуковой тестер бетона типа Пульсар-2.2, УКС-МГ4 или аналогичный с комплектом преобразователей.

2. Контрольные образцы: бетонные кубы размером 100×100×100 мм (3 шт. каждого класса), испытанные ранее на прессе (лабораторная работа №5).

3. Эталонное оборудование:

○ Гидравлический пресс (данные предыдущих испытаний).

- Штангенциркуль, линейка металлическая.
- 4. Вспомогательные материалы:
 - Контактная смазка (технический вазелин, солидол, пластилин) для ультразвуковых преобразователей.

- Абразивный брусок или наждачная бумага для зачистки поверхности бетона.

- Мел, маркер, этикетки, журнал измерений.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Подготовка к испытанию

1. Получить контрольные образцы-кубы бетона (из лабораторной работы №5) с известными значениями прочности, определенными разрушающим методом.

2. Визуально осмотреть поверхность образцов. Участки испытаний не должны иметь видимых повреждений (трещин, раковин, отслоений).

3. Очистить поверхность от грязи, пыли и цементной пленки.

4. Зачистить участки испытаний абразивным бруском до обнажения крупного заполнителя (для метода упругого отскока).

5. Нанести на каждом образце сетку участков испытаний:

- Для метода упругого отскока — 5-6 измерений на образец.

- Для ультразвукового метода — 3-4 измерения по каждой базе.

6. Проверить работоспособность приборов согласно инструкциям по эксплуатации.

4.2. Испытание методом упругого отскока (склерометрия)

1. Прижать прибор перпендикулярно к поверхности бетона в отмеченной точке.

2. Плавно нагружать прибор до срабатывания ударного механизма.

3. Зафиксировать величину отскока (в условных единицах) по цифровому индикатору прибора.

4. Провести измерения во всех намеченных точках на каждом образце (не менее 5 измерений на образец).

5. Результаты записать в таблицу (Форма 1).

4.3. Испытание ультразвуковым методом

1. Нанести тонкий слой контактной смазки на рабочие поверхности преобразователей.

2. Установить преобразователи на бетонную поверхность способом поверхностного прозвучивания (оба преобразователя на одной грани) с фиксированной базой (например, 100 мм).

3. Добиться устойчивого сигнала на экране прибора.

4. Зафиксировать время распространения ультразвука (t , мкс) или скорость (V , км/с). Прибор автоматически вычисляет скорость по известной базе.

5. Провести измерения во всех намеченных точках (не менее 3 измерений на образец).

6. Результаты записать в таблицу (Форма 2).

4.4. Определение прочности по градуировочным зависимостям

1. Используя градуировочные зависимости, заложенные в приборах (или предоставленные преподавателем), перевести косвенные показатели в значения прочности бетона (МПа).

2. Для склерометра: значение отскока → прочность $R_{скл}$, МПа.

3. Для ультразвукового тестера: скорость УЗ (V , км/с) → прочность $R_{уз}$, МПа.

4. Результаты записать в таблицы.

4.5. Сравнение с данными разрушающего контроля

1. Получить значения прочности тех же образцов, определенные разрушающим методом (из лабораторной работы №5).

2. Сравнить результаты неразрушающих методов с данными разрушающего контроля.

3. Вычислить отклонения.

5. Оформление отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием работы, номером варианта, ФИО студента.

2. Исходные данные (Таблица 1 по варианту).

3. Результаты испытаний методом упругого отскока (Форма 1).

Форма 1. Результаты испытаний склерометром

Образец	Точка измерения	Величина отскока, усл. ед.	Прочность по графику $R_{скл}$, МПа
№1	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	Среднее по образцу		
№2	...		
№3	...		

4. Результаты ультразвуковых испытаний (Форма 2).

Форма 2. Результаты ультразвуковых испытаний

Образец	Точка измерения	База прозвучивания, мм	Время УЗ t , мкс	Скорость УЗ V , км/с	Прочность $R_{уз}$, МПа
№1	1	100			
	2	100			
	3	100			
	Среднее по образцу				
№2	...				
№3	...				

5. Сравнительный анализ результатов (Форма 3).

Форма 3. Сравнение результатов различных методов

Образец	Прочность	Прочность по	Отклонение	Прочность	Отклонение
---------	-----------	--------------	------------	-----------	------------

	разрушающим методом $R_{разр}$, МПа	склерометру $R_{скл}$, МПа	$\Delta_{скл}$, %	ультразвуком $R_{уз}$, МПа	$\Delta_{уз}$, %
№1					
№2					
№3					
Среднее					

6. Статистическая обработка результатов (Форма 4).

Форма 4. Точность методов контроля

Параметр	Метод упругого отскока	Ультразвуковой метод
Средняя прочность по методу, МПа		
Средняя прочность по разрушающему контролю, МПа		
Среднее абсолютное отклонение, МПа		
Среднее относительное отклонение, %		

7. Графики сопоставления результатов.

8. Выводы по работе:

- Сравнительная точность использованных методов
- Возможные причины расхождения результатов
- Преимущества и недостатки каждого метода
- Практические рекомендации по применению неразрушающих методов

6. Контрольные вопросы

1. На каких физических принципах основаны механические и ультразвуковой методы контроля прочности бетона?

2. Что такое градуировочная зависимость и для чего она нужна?

3. Почему показания склерометра зависят от ориентации прибора в пространстве?

4. Какие факторы влияют на точность ультразвукового метода?

5. В чем преимущество неразрушающих методов перед разрушающими?

6. Какие требования предъявляются к поверхности бетона перед проведением испытаний?

7. Для каких целей применяют неразрушающие методы при обследовании зданий?

8. Какие нормативные документы регламентируют неразрушающий контроль бетона?

Список литературы

1. Архитектурное проектирование. Тосунова М.И. Москва. Высшая школа, 2014 г.
2. Архитектурная графика. К.В. Кудряшев. Москва. «Архитектура – с», 2015 г.
3. СП 54.13330.2022 «СНИП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные»
4. СП 118.13330.2022 Общественные здания и сооружения
5. СП 4.13130.2013 "Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.