

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

Должность: Институт мелиорации, водного хозяйства и

строительства имени А. Н. Костякова

Дата подписания: 01.12.2025 15:26:54

Уникальный программный ключ:

dcb6dc8315334aed86f2a7c3a0ce2cf217be1e29



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**

**МСХА имени К. А. ТИМИРЯЗЕВА»**

**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева)**

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства

имени А. Н. Костякова

Кафедра гидротехнических сооружений

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова

Бенин Д.М.

«26» 08

2025 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.09 Строительная физика

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО 3++

Направление: 08.03.01 «Строительство»

Направленность: «Гидротехническое строительство»

Курс 1

Семестр 2

Форма обучения очная

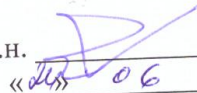
Год начала подготовки 2025

Москва 2025

Разработчик : Зборовская М.И. доцент, к.т.н.

  
«30» 06 2025г.

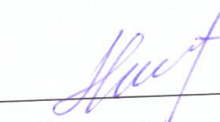
Рецензент: Али М.С. доцент кафедры СХВНиНС к.т.н.

  
«30» 06 2025г.

Рабочая программа практики составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ПООП по направлению подготовки 08.03.01 Строительство и учебного плана.


Программа обсуждена на заседании кафедры гидротехнических сооружений  
Протокол № 15 от «30» 06 2025г.

Зав. кафедрой Ханов Н.В., профессор, д.т.н.

  
«30» 06 2025г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической  
комиссии ИМВХС имени А.Н. Костякова  
Щедрина Е.В. к.пед.н., доцент

  
«25» 08 2025г.

Заведующий выпускающей кафедрой гидротехнических сооружений  
Ханов Н.В., профессор, д.т.н.

  
«30» 06 2025г.

Зав. отделом комплектования ЦНБ

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ: .....</b>	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>6</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	6
ПО СЕМЕСТРАМ .....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ.....	13
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>20</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	21
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	29
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>31</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	31
7.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	31
7.3. НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....	33
7.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	33
<b>8. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ: .....</b>	<b>34</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>34</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>34</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>36</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>38</b>

**Аннотация**  
**рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.10 «Строительная физика»**  
**для подготовки бакалавра по направлению**  
**08.03.01 «Строительство»**  
**направленности «Гидротехническое строительство»**

**Цель освоения дисциплины:** понимание сути и классификации физических и химических процессов, протекающих при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений; освоение теоретических основ теории теплопроводности и термоупругости, приобретение навыков по борьбе с термическим трещинообразованием и умением проводить температурные расчёты гидротехнических сооружений с использованием аналитических решений и расчётов на компьютерной технике. Умение выбирать и использовать нормативно-технические документы, устанавливающих требования к расчетному обоснованию проектного решения гидротехнического сооружения. Учёт воздействия техногенных факторов на состояние окружающей природной среды при определении основных параметров теплового и термонапряженного состояния гидротехнического сооружения, в том числе в районах с суровыми климатическими условиями и с жарким климатом. Знание особенностей гидротехнических сооружений промышленности при работе на температурные воздействия.

Актуальным является использование современных компьютерных программ, позволяющих учитывать особенности возведения гидротехнических сооружений и их работу с учётом температурных воздействий как от внутренних процессов в сооружении, основании, так и с учётом воздействия внешней среды на термонапряжённое состояние сооружения.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина «Строительная физика» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана базовой части. Дисциплина «Строительная физика» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 08.03.01 «Строительство».

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: **УК-1.1** , **УК-1.2**, **УК-1.4**

**Краткое содержание дисциплины:** Основные понятия строительной физики. Общие положения строительной теплофизики. Виды температурных воздействий. Температурные напряжения. Мероприятия по регулированию температурного режима. Основы температурных расчётов. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры. Основы теории подобия. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от

внутреннего источника тепла. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений. Расчёты температурного режима грунтовых плотин. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.

**Общая трудоемкость дисциплины составляет, включая часы практической подготовки: 108/0/3 (часа / зачетных единицы).**

**Промежуточный контроль по дисциплине: 2 семестр – зачёт с оценкой.**

### **1. Цель освоения дисциплины:**

понимание сути и классификации физических и химических процессов, протекающих при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений; освоение теоретических основ теории теплопроводности и термоупругости, приобретение навыков по борьбе с термическим трещинообразованием и умением проводить температурные расчёты гидротехнических сооружений с использованием аналитических решений и расчётов на компьютерной технике. Умение выбирать и использовать нормативно-технические документы, устанавливающих требования к расчетному обоснованию проектного решения гидротехнического сооружения. Учёт воздействия техногенных факторов на состояние окружающей природной среды при определении основных параметров теплового и термонапряженного состояния гидротехнического сооружения, в том числе в районах с суровыми климатическими условиями и с жарким климатом. Знание особенностей гидротехнических сооружений промышленности при работе на температурные воздействия.

Актуальным является использование современных компьютерных программ, позволяющих учитывать особенности возведения гидротехнических сооружений и их работу с учётом температурных воздействий как от внутренних процессов в сооружении, основании, так и с учётом воздействия внешней среды на термонапряжённое состояние сооружения.

### **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Строительная физика» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана базовой части. Дисциплина «Строительная физика» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС и Учебного плана по направлению **08.03.01 «Строительство»**.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Строительная физика» являются Высшая математика, Физика, Химия.

Дисциплина «Строительная физика» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Железобетонные конструкции, Гидросооружения общего назначения, Гидросооружения водного транспорта, Основы безопасности гидросооружений, Комплексные гидроузлы на реках,

Особенности расчета и конструирования элементов зданий и сооружений из монолитного железобетона.

Рабочая программа дисциплины «Строительная физика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоемкость дисциплины составляет, включая часы практической подготовки: 108/0/3 (часа / зачетных единицы)., их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-1	<i>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</i>	<b>УК-1.1</b> Выбор информационных ресурсов для поиска информации в соответствии с поставленной задачей	- выбор информационных ресурсов для поиска информации в соответствии с поставленной задачей	- выбирать информационные ресурсы для поиска информации в соответствии с поставленной задачей, анализировать информацию	- методами выбора информации и ресурсов для поиска информации в соответствии с поставленной задачей, методами анализа информацию
			<b>УК-1.2</b> Систематизация обнаруженной информации, полученной из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи	- методы систематизации обнаруженной информации, полученной из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи	- применять методы систематизации обнаруженной информации, полученной из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи	- применением методов систематизации обнаруженной информации, полученной из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи
			<b>УК-1.4</b> Выявление системных связей и отношений между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе	- методы выявления системных связей и отношений между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы и в том числе с	- выявлять системные связи и отношения между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы в том числе с применением	- методами выявления системных связей и отношений между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы

			принятой парадигмы	применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	
--	--	--	--------------------	--	---	--



## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час./*	В т. ч. по семестрам
		№2
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108/0</b>	<b>108/0</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>38,35/4</b>	<b>38,35/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>		
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	12	12
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	10/0	10/0
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	16/0	16/0
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>69,65</b>	<b>69,65</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т. д.)</i>	60,65	60,65
<i>Подготовка к зачету с оценкой (контроль)</i>	9	9
Вид промежуточного контроля:	<b>Зачёт с оценкой</b>	

\*- в том числе часов практической работы

## 4.2 Содержание дисциплины

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3

### Тематический план учебной дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/*	ЛЗ/*	КРА	
1. Основные понятия строительной физики.	5	-	1	-		4
2. Общие положения строительной теплофизики.	5	-	1	-		4
3. Виды температурных воздействий.	5	-	1	-		4
4. Температурные напряжения.	5	-	1	-		4
5. Мероприятия по регулированию температурного режима.	7	1	2	-		4
6. Основы температурных расчётов.	6	1	1	-		4
7. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.	7	1	2	-		4
8. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.	7	1	-	2		4
9. Основы теории подобия.	7	1	-	2		4
10. Тепловые расчёты однослойных и	6	1	1	-		4

Наименование раздела дисциплины	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/*	ЛЗ/*	КРА	
многослойных конструкций гидротехнических сооружений.						
11. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.	7	1		2		4
12. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.	6	1		1		4
13. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.	6	1		1		4
Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.	7	1		2		4
Расчёты температурного режима грунтовых плотин.	8	1		2		5
Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.	8	1		2		5
Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.	5,65			2		3,65
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35				0,35	
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108/0</b>	<b>12</b>	<b>10/0</b>	<b>16/0</b>	<b>0,35</b>	<b>69,65</b>

\*- в том числе часов практической работы

## Раздел 1. «Основные понятия строительной физики».

### Тема 1. Основные понятия строительной физики.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Основные понятия строительной физики и её роль в современном гидростроительстве.
- Общие сведения о гидротехнических сооружениях.
- Температурный режим сооружений и их частей.

## Раздел 2. «Общие положения строительной теплофизики».

### Тема 1. Общие положения строительной теплофизики.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Общие положения.
- Постановка задачи о термонапряжённом состоянии гидротехнических сооружений.
- Влияние температурных воздействий на работу гидротехнических сооружений.
- Типы плотин.
- Закон Гука.
- Возможные последствия температурных воздействий.

## Раздел 3. «Температурные воздействия».

### Тема 1. Температурные воздействия.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Виды температурных воздействий.
- Колебания температуры наружного воздуха.
- Изменение температуры воды в водохранилище.
- Изменение температуры в естественном водотоке в нижнем бьефе построенного сооружения, а также в период его строительства.
- Температура фильтрационных и подземных вод.
- Солнечная радиация.
- Экзотермия.
- Температурные воздействия, вызванные производственными и технологическими процессами и мероприятиями, проводимыми при строительстве и постоянной эксплуатации сооружений.
- Температура основания.

#### Раздел 4. «Температурные напряжения».

##### Тема 1. Температурные напряжения.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Причины возникновения температурных напряжений.
- Классификация температурных напряжений.
- Выбор расчётных случаев для определения температурных напряжений.
- Примеры трещинообразования в бетонных плотинах.

#### Раздел 5. «Мероприятия по регулированию температурного режима».

##### Тема 1. Мероприятия по регулированию температурного режима.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Мероприятия по регулированию температурного режима.
- Основные факторы, определяющие методы регулирования температурного режима сооружений.
- Регулирование температуры бетонной смеси.
- Трубное охлаждение бетона.
- Теплозащита бетона.
- Поддержание заданного температурного режима воздуха в полостях.
- Рациональная разрезка на блоки бетонирования.
- Зональность укладки бетона.
- Теплозащитные стенки и швы-надрезы.
- Методы воздействия на температурный режим сооружений, принятые в зарубежном плотиностроении.

#### Раздел 6. «Основы температурных расчётов».

## Тема 1. Основы температурных расчётов.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Основы температурных расчётов.
- Основные положения теории теплопроводности.
- Температурное поле.
- Уравнение теплового баланса для элементарного объёма.
- Основное уравнение теплопроводности и его виды.
- Начальное и граничное условие.

## Раздел 7. «Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности».

Тема 1. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.
- Граничные условия I рода.
- Симметричное охлаждение стенки при начальной температуре, распределённой по закону синуса.
  - Учёт теплоизоляции.
  - Роль термического коэффициента сопротивления.
  - Симметричное охлаждение стенки при начальной постоянной температуре.
    - Несимметричное одностороннее остывание при начальной температуре.

## Раздел 8. «Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры».

Тема 1. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Распределение температуры в стене при установившихся колебаниях температуры на одной из её поверхностей по закону косинуса с известным периодом колебаний и амплитудой.
  - Распределение температуры для полупространства.
  - Примеры практических случаев одной задачи.
  - Некоторые решения для граничных условий III рода.

## Раздел 9. «Основы теории подобия».

Тема 1. Основы теории подобия.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Основы теории подобия.
- Постановка задачи.

- Сущность подобия.
- Критерии подобия.
- Критерии Био и Фурье и их физический смысл.
- Моделирование физических явлений, описываемых уравнением Фурье.
- Условия подобия для упругих материалов.
- Влияние коэффициента Пуассона.
- Поляризационно-оптический метод.
- Тензометрические модели из материала с низким модулем упругости (гипс, эпоксидные смолы и др.).

## Раздел 10. «Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений».

### Тема 1. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.
- Основные типы однослойных и многослойных конструкций.
- Основы теории теплопроводности многослойных конструкций.
- Расчёты температурного поля массивов с несъёмной опалубкой.
- Методы расчётов теплового режима замкнутых полостей.

## Раздел 11. «Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности».

### Тема 1. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности (граничные условия I рода).
- Случай отсутствия внутреннего источника тепла.
- Метод конечных разностей для условий III рода.
- Графический метод решения уравнений теплопроводности (метод Шмидта) при граничных условиях I и III рода.

## Раздел 12. «Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла».

### Тема 1. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла (экзотермии).
- Метод конечных разностей при наличии экзотермии и изменений температуры наружной среды.

Раздел 13. «Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности».

Тема 1. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности для систем с постоянным коэффициентом теплопроводности и при отсутствии внутренних источников тепла.
- Выбор конечно-разностной схемы.
- Границы погрешностей конечно-элементного решения.

Раздел 14. «Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений».

Тема 1. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.
- Температурные напряжения в период строительства и эксплуатации.
- Меры борьбы с температурными напряжениями.
- Оценка температурной трещиностойкости сооружений и их элементов.
- Набухание бетона и его роль в формировании напряжённого состояния различных типов бетонных плотин.
- Учёт набухания бетона при назначении расчётных нагрузок.

Раздел 15. «Расчёты температурного режима грунтовых плотин».

Тема 1. Расчёты температурного режима грунтовых плотин.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Расчёты температурного режима грунтовых плотин (талых и мёрзлых).
- Определение положения нулевой изотермы при нестационарном режиме в талой и мёрзлой плотине по методу И. С. Моисеева.
- Решение задачи Стефана для определения температуры мёрзлых плотин при их оттаивании и талых плотин при их промерзании в эксплуатационный период с учётом скрытой теплоты фазовых переходов влаги в грунте.

Раздел 16. «Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях».

Тема 1. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.
- Определение термонапряжённого состояния ячеистой конструкции.
- Определение теплового состояния ячеистой конструкции от сезонного изменения температур.
- Расчёт ячеистых конструкций ГТС на температурные воздействия.
- Результаты определения теплового и термонапряжённого состояния ячеистой конструкции с использованием экспериментального и расчётного методов.

## Раздел 17. «Теплотехнические расчёты хвостохранилищ».

### Тема 1. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.

Перечень рассматриваемых вопросов:

- Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.
- Конструктивные особенности ограждающих дамб талого и мёрзлого типа.
- Зимняя укладка хвостов.
- Расчёт пляжа намыва в зимний период.
- Транспортировка пульпы.

### 4.3 Лекции/лабораторные занятия

#### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4

#### Содержание лекций/лабораторного практикума и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторного практикума/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов /**
Раздел 1. Основные понятия строительной физики.					1
1	Тема 1. Основные понятия строительной физики.	-	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4	-	-
		Практическое занятие №1		-	1
Раздел 2. Общие положения строительной теплофизики.					1
2	Тема 1. Общие положения строительной теплофизики.	-	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4	-	0
		Практическое занятие №2		-	1
Раздел 3. Температурные воздействия					1
3	Тема 1 Температурные воздействия.	-	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4	-	0
		Практическое занятие №3		Устный опрос	1
Раздел 4. Температурные напряжения.					1
4	Тема 1 Температурные напряжения.	-.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4	-	-
		Практическое занятие №4		Анализ конкретной ситуации	1
Раздел 5. Мероприятия по регулированию температурного режима.					2
5	Тема 1. Мероприятия по регулированию температурного режима.	Лекция № 1	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4	-	1
		Практическое занятие №5		Устный опрос	1
Раздел 6. Основы температурных расчётов.					2
6	Тема 1. Основы температурных расчётов.	Лекция № 2.	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4	-	1
		Практическое занятие №6		Устный опрос	1
Раздел 7. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.					3
7	Тема 1. Аналитические решения	Лекция № 3	УК-1.1,	-	1



№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторного практикума/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов /**
	некоторых частных задач теплопроводности.	Практическое занятие №7	УК-1.2, УК-1.4	Анализ конкретной ситуации	2
Раздел 8. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.					3
8	Тема 1. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.	Лекция № 4	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Лабораторное занятие № 1		Устный опрос	2
Раздел 9. Основы теории подобия.					2
9	Тема 1. Основы теории подобия.	Лекция № 5	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Лабораторное занятие № 2		Устный опрос	1
Раздел 10. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.					2
10	Тема 1. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.	Лекция № 6	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Практическое занятие №8		Анализ конкретной ситуации	1
Раздел 11. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.					3
11	Тема 1. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.	Лекция № 7	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Лабораторное занятие № 3		Устный опрос	2
Раздел 12. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.					2
12	Тема 1. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.	Лекция № 8	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Лабораторное занятие № 4		Устный опрос	1
Раздел 13. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.					2
13	Тема 1. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.	Лекция № 9	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Лабораторное занятие № 5		Устный опрос	1
Раздел 14. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.					3
14	Тема 1. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.	Лекция № 10			1
		Лабораторное занятие № 6		Устный опрос	2
Раздел 15. Расчёты температурного режима грунтовых плотин.					3
15	Тема 1. Расчёты температурного режима грунтовых плотин.	Лекция № 11	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Лабораторное занятие № 7		Анализ конкретной ситуации	2
Раздел 16. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.					3

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лаборато рного практикума/прак тических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол- во часов /**
16	Тема 1. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.	Лекция № 12	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4		1
		Лабораторное занятие № 8		Устный опрос	2
Раздел 17. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.					2
17	Тема 1. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.	Лабораторное занятие № 9	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.4	Устный опрос	2

\*- Проведение с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot) и современных вычислительных комплексов, позволяющих учитывать температурные воздействия в процессе возведения и работы гидротехнических сооружений на примере программного комплекса MIDAS.

\*\* - в том числе часов практической подготовки

# ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 5

## Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Основные понятия строительной теплофизики.</b>		
1	Тема 1. Основные понятия строительной физики.	Основные понятия строительной физики и её роль в современном гидростроительстве. Общие сведения о гидротехнических сооружениях. Температурный режим сооружений и их частей (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 2. Общие положения строительной теплофизики.</b>		
2	Тема 1. Общие положения строительной теплофизики.	Общие положения. Постановка задачи о термонапряжённом состоянии гидротехнических сооружений. Влияние температурных воздействий на работу гидротехнических сооружений. Типы плотин. Закон Гука. Возможные последствия температурных воздействий (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 3. Температурные воздействия.</b>		
3	Тема 1. Температурные воздействия.	Виды температурных воздействий. Колебания температуры наружного воздуха. Изменение температуры воды в водохранилище. Изменение температуры в естественном водотоке в нижнем бьефе построенного сооружения, а также в период его строительства. Температура фильтрационных и подземных вод. Солнечная радиация. Экзотермия. Температурные воздействия, вызванные производственными и технологическими процессами и мероприятиями, проводимыми при строительстве и постоянной эксплуатации сооружений. Температура основания (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 4. Температурные напряжения.</b>		
4	Тема 1. Температурные напряжения.	Причины возникновения температурных напряжений. Классификация температурных напряжений. Выбор расчётных случаев для определения температурных напряжений. Примеры трещинообразования в бетонных плотинах (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 5. Мероприятия по регулированию температурного режима.</b>		
5	Тема 1. Мероприятия по регулированию температурного режима.	Мероприятия по регулированию температурного режима. Основные факторы, определяющие методы регулирования температурного режима сооружений. Регулирование температуры бетонной смеси. Трубное охлаждение бетона. Теплозащита бетона. Поддержание заданного температурного режима воздуха в полостях. Рациональная разрезка на блоки бетонирования. Зональность укладки бетона. Теплозащитные стенки и швы-надрезы. Методы воздействия на температурный режим сооружений, принятые в зарубежном плотиностроении (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 6. Основы температурных расчётов.</b>		

№ п/п	№ раздела	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
6	Тема 1. Основы температурных расчётов.	Основы температурных расчётов. Основные положения теории теплопроводности. Температурное поле. Уравнение теплового баланса для элементарного объёма. Основное уравнение теплопроводности и его виды. Начальное и граничное условие (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 7. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.</b>		
7	Тема 1. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.	Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности. Граничные условия I рода. Симметричное охлаждение стенки при начальной температуре, распределённой по закону синуса. Учёт теплоизоляции. Роль термического коэффициента сопротивления. Симметричное охлаждение стенки при начальной постоянной температуре. Несимметричное одностороннее остывание при начальной температуре (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 8. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.</b>		
8	Тема 1. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.	Распределение температуры в стене при установившихся колебаниях температуры на одной из её поверхностей по закону косинуса с известным периодом колебаний и амплитудой. Распределение температуры для полупространства. Примеры практических случаев одной задачи. Некоторые решения для граничных условий III рода (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 9. Основы теории подобия.</b>		
9	Тема 1. Основы теории подобия.	Основы теории подобия. Постановка задачи. Сущность подобия. Критерии подобия. Критерии Био и Фурье и их физический смысл. Моделирование физических явлений, описываемых уравнением Фурье. Условия подобия для упругих материалов. Влияние коэффициента Пуассона. Поляризационно-оптический метод. Тензометрические модели из материала с низким модулем упругости (гипс, эпоксидные смолы и др.) (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 10. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.</b>		
10	Тема 1. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.	Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений. Основные типы однослойных и многослойных конструкций. Основы теории теплопроводности многослойных конструкций. Расчёты температурного поля массивов с несъёмной опалубкой. Методы расчётов теплового режима замкнутых полостей (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 11. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности</b>		

№ п/п	№ раздела	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
11	Тема 1. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.	Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности (граничные условия I рода). Случай отсутствия внутреннего источника тепла. Метод конечных разностей для условий III рода. Графический метод решения уравнений теплопроводности (метод Шмидта) при граничных условиях I и III рода (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 12. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.</b>		
12	Тема 1. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.	Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла (экзотермии). Метод конечных разностей при наличии экзотермии и изменений температуры наружной среды (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 13. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.</b>		
13	Тема 1. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.	Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности для систем с постоянным коэффициентом теплопроводности и при отсутствии внутренних источников тепла. Выбор конечно-разностной схемы. Границы погрешностей конечно-элементного решения (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 14. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.</b>		
14	Тема 1. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.	Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений. Температурные напряжения в период строительства и эксплуатации. Меры борьбы с температурными напряжениями. Оценка температурной трещиностойкости сооружений и их элементов. Набухание бетона и его роль в формировании напряжённого состояния различных типов бетонных плотин. Учёт набухания бетона при назначении расчётных нагрузок (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 15. Расчёты температурного режима грунтовых плотин.</b>		
15	Тема 1. Расчёты температурного режима грунтовых плотин.	Расчёты температурного режима грунтовых плотин (талых и мёрзлых). Определение положения нулевой изотермы при нестационарном режиме в талой и мёрзлой плотине по методу И. С. Моисеева. Решение задачи Стефана для определения температуры мёрзлых плотин при их оттаивании и талых плотин при их промерзании в эксплуатационный период с учётом скрытой теплоты фазовых переходов влаги в грунте (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 16. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.</b>		
16	Тема 1. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных	Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях. Определение термонапряжённого состояния ячеистой конструкции. Определение теплового состояния

№ п/п	№ раздела	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	воздействиях.	ячеистой конструкции от сезонного изменения температур. Расчёт ячеистых конструкций ГТС на температурные воздействия. Результаты определения теплового и термонапряжённого состояния ячеистой конструкции с использованием экспериментального и расчётного методов (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).
<b>Раздел 17. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.</b>		
17	Тема 1. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.	Теплотехнические расчёты хвостохранилищ. Конструктивные особенности ограждающих дамб талого и мёрзлого типа. Зимняя укладка хвостов. Расчёт пляжа намыва в зимний период. Транспортировка пульпы (УК-1.1 , УК-1.2, УК-1.4).

## 5. Образовательные технологии

В ходе освоения теоретического курса дисциплины используются: интерактивные экскурсии, мозговой штурм, дебаты, анализ конкретных ситуаций и дискуссии.

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Раздел 3. Виды температурных воздействий.	ПЗ Устный опрос
2.	Раздел 4. Температурные напряжения.	ПЗ Анализ конкретных ситуаций
3.	Раздел 5. Мероприятия по регулированию температурного режима.	ПЗ Устный опрос
4.	Раздел 6. Основы температурных расчётов.	ПЗ Устный опрос
5.	Раздел 7. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.	ПЗ Анализ конкретных ситуаций
6.	Раздел 8. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.	ЛЗ Устный опрос
7.	Раздел 9. Основы теории подобия.	ЛЗ Устный опрос
8.	Раздел 10. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.	ПЗ Анализ конкретных ситуаций
9.	Раздел 11. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.	ЛЗ Устный опрос
10.	Раздел 12. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.	ЛЗ Устный опрос
11.	Раздел 13. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.	ЛЗ Устный опрос
12.	Раздел 14. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.	ЛЗ Устный опрос
13.	Раздел 15. Расчёты температурного режима грунтовых плотин	ЛЗ Устный опрос

## **6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

### **6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

#### ***Примерные темы лабораторных работ:***

- 1) Определение распределения температур при симметричном остывании стены (бесконечно длинной) при начальном распределении температуры при сечении стенки по закону синуса (5 вар).
- 2) Определение распределения температур при симметричном остывании стены (бесконечно длинной) при начальной постоянной температуре по сечению стенки (5 вар).
- 3) Определение распределения температур при несимметричном одностороннем остывании стены (бесконечно длинной) при начальной постоянной температуре по сечению стенки (5 вар).
- 4) Температурный режим не фильтрующей земляной плотины талого типа (5 вар).
- 5) Температурный режим не фильтрующей земляной плотины мёрзлого типа (5 вар).
- 6) Расчёт заданной температуры водохранилища (5 вар).
- 7) Расчёт пляжа намыва при укладке отходов в зимний период (5 вар).

Виды текущего контроля: выполнение лабораторных работ, обсуждение результатов в форме устных вопросов, анализа конкретных ситуаций в соответствии с фондом оценочных средств.

Текущий контроль по дисциплине проводится по окончании изучения теоретического раздела и завершению выполнения практических лабораторных работ.

Результаты оценивания работы на практических занятиях и лабораторных практикумах учитываются при выставлении оценок при приёме зачёта с оценкой по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно») по результатам сдачи зачёта.



**Вопросы по текущему контролю успеваемости:**

**Вопросы по теме 3.**

«Виды температурных воздействий»

<b>№ вопроса</b>	<b>Краткое содержание вопроса</b>
1.	Виды температурных воздействий.
2.	Колебания температуры наружного воздуха.
3.	Изменение температуры воды в водохранилище.
4.	Изменение температуры в естественном водотоке в нижнем бьефе построенного сооружения, а также период его строительства.
5.	Температура фильтрационных и подземных вод.
6.	Солнечная радиация.
7.	Экзотермия.
8.	Температурные воздействия, вызванные производственными и технологическими процессами и мероприятиями, проводимыми при строительстве и постоянной эксплуатации сооружений.
9.	Температура основания.

**Вопросы по теме 4.**

«Температурные напряжения»

<b>№ вопроса</b>	<b>Краткое содержание вопроса</b>
1.	Причины возникновения температурных напряжений.
2.	Классификация температурных напряжений.
3.	Выбор расчётных случаев для определения температурных напряжений.
4.	Примеры трещинообразования в бетонных плотинах

**Вопросы по теме 5**

«Мероприятия по регулированию температурного режима»

<b>№ вопроса</b>	<b>Краткое содержание вопроса</b>
1.	Мероприятия по регулированию температурного режима.
2.	Основные факторы, определяющие методы регулирования температурного режима сооружений.
3.	Регулирование температуры бетонной смеси.
4.	Трубное охлаждение бетона.
5.	Теплозащита бетона.
6.	Поддержание заданного температурного режима воздуха в полостях.
7.	Рациональная разрезка на блоки бетонирования.

8.	Зональность укладки бетона.
9.	Теплозащитные стенки и швы-надрезы.
10.	Методы воздействия на температурный режим сооружений, принятые в зарубежном плотиностроении.

### Вопросы по теме 6

«Основы температурных расчётов»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Основы температурных расчётов.
2.	Основные положения теории теплопроводности.
3.	Температурное поле.
4.	Уравнение теплового баланса для элементарного объёма.
5.	Основное уравнение теплопроводности и его виды.

### Вопросы по теме 7

«Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.
2.	Граничные условия I рода.
3.	Симметричное охлаждение стенки при начальной температуре, распределённой по закону синуса.
4.	Учёт теплоизоляции.
5.	Роль термического коэффициента сопротивления.
6.	Симметричное охлаждение стенки при начальной постоянной температуре.
7.	Несимметричное одностороннее остывание при начальной температуре.

### Вопросы по теме 8

«Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Распределение температуры в стене при установившихся колебаниях температуры на одной из её поверхностей по закону косинуса с известным периодом колебаний и амплитудой.
2.	Распределение температуры для полупространства.
3.	Примеры практических случаев одной задачи.
4.	Некоторые решения для граничных условий III рода.

### Вопросы по устному опросу по теме 9

#### «Основы теории подобия»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Основы теории подобия.
2.	Постановка задачи.
3.	Сущность подобия.
4.	Критерии подобия.
5.	Критерии Био и Фурье и их физический смысл.
6.	Моделирование физических явлений, описываемых уравнением Фурье.
7.	Условия подобия для упругих материалов.
8.	Влияние коэффициента Пуассона.
9.	Поляризационно-оптический метод.
10.	Тензометрические модели из материала с низким модулем упругости (гипс, эпоксидные смолы и др.).

### Вопросы по теме 10

#### «Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.
2.	Основные типы однослойных и многослойных конструкций.
3.	Основы теории теплопроводности многослойных конструкций.
4.	Расчёты температурного поля массивов с несъёмной опалубкой.
5.	Методы расчётов теплового режима замкнутых полостей.

### Вопросы по теме 11

#### «Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности (граничные условия I рода).
2.	Случай отсутствия внутреннего источника тепла.
3.	Метод конечных разностей для условий III рода.
4.	Графический метод решения уравнений теплопроводности (метод Шмидта) при граничных условиях I и III рода.

## Вопросы по теме 12

«Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла (экзотермии).
2.	Метод конечных разностей при наличии экзотермии и изменений температуры наружной среды.

## Вопросы по теме 13

«Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности для систем с постоянным коэффициентом теплопроводности и при отсутствии внутренних источников тепла.
2.	Выбор конечно-разностной схемы.
3.	Границы погрешностей конечно-элементного решения.

## Вопросы по теме 14

«Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений»

№ вопроса	Краткое содержание вопроса
1.	Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.
2.	Температурные напряжения в период строительства и эксплуатации.
3.	Меры борьбы с температурными напряжениями.
4.	Оценка температурной трещиностойкости сооружений и их элементов.
5.	Набухание бетона и его роль в формировании напряжённого состояния различных типов бетонных плотин.
6.	Учёт набухания бетона при назначении расчётных нагрузок.

Использование **анализа конкретных ситуаций (кейсов)** значительно повышает практическую ценность занятий. Примеры кейсов для указанных разделов в соответствии с тематикой.

## Раздел 4. «Температурные напряжения»

**Кейс: «Трещины в гравитационной бетонной плотине ГЭС**

## **“Х” в Сибири»**

- **Проблема:** В течение первых 5 лет эксплуатации на низовой грани массивной бетонной плотины визуально обнаружена сетка вертикальных и наклонных трещин. Трещины раскрываются в зимний период и частично закрываются летом.

### **Раздел 7. «Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности»**

**Кейс: «Прогрев бетонного массива водовода в условиях зимнего бетонирования»**

**Что случилось:** При строительстве водовода ГЭС в зимних условиях необходимо уложить бетон в массивную конструкцию. Температура воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$ . Бетонная смесь уложена с начальной температурой  $+10^{\circ}\text{C}$ . Необходимо определить, произойдет ли опасное промораживание конструкции до набора критической прочности.

### **Раздел 10. «Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений»**

**Кейс: «Конденсация влаги в полости водосбросной плотины»**

**Что случилось:** Внутри постоянной полости (галереи) бетонной водосбросной плотины в осенне-зимний период наблюдается интенсивная конденсация влаги на потолке и стенах. Это приводит к коррозии арматуры, повреждению электрооборудования и обледенению.

### **Раздел 15. «Расчёты температурного режима грунтовых плотин»**

**Кейс: «Деформации и оползание откоса мерзлой грунтовой плотины в Якутии»**

**Что случилось:** Весной на низовом откосе грунтовой плотины, возведенной в зоне многолетней мерзлоты, наблюдаются интенсивные оползания и просадки грунта. В теле плотины зафиксировано наличие линз льда.

Перечень вопросов, выносимых на зачёт с оценкой:

1. Основные понятия строительной физики и её роль в современном гидростроительстве. Общие сведения о гидротехнических сооружениях. Температурный режим сооружений и их частей.

2. Общие положения. Постановка задачи о термонапряжённом состоянии гидротехнических сооружений. Влияние температурных воздействий на работу гидротехнических сооружений.
3. Типы плотин. Закон Гука. Возможные последствия температурных воздействий.
4. Виды температурных воздействий. Колебания температуры наружного воздуха. Изменение температуры воды в водохранилище. Изменение температуры в естественном водотоке в нижнем бьефе построенного сооружения, а также в период его строительства. Температура фильтрационных и подземных вод.
5. Солнечная радиация. Экзотермия. Температурные воздействия, вызванные производственными и технологическими процессами и мероприятиями, проводимыми при строительстве и постоянной эксплуатации сооружений. Температура основания.
6. Причины возникновения температурных напряжений. Классификация температурных напряжений. Выбор расчётных случаев для определения температурных напряжений. Примеры трещинообразования в бетонных плотинах.
7. Мероприятия по регулированию температурного режима. Основные факторы, определяющие методы регулирования температурного режима сооружений. Регулирование температуры бетонной смеси. Трубное охлаждение бетона. Теплозащита бетона.
8. Поддержание заданного температурного режима воздуха в полостях. Рациональная разрезка на блоки бетонирования. Зональность укладки бетона. Теплозащитные стенки и швы-надрезы. Методы воздействия на температурный режим сооружений, принятые в зарубежном плотиностроении.
9. Основы температурных расчётов. Основные положения теории теплопроводности. Температурное поле. Уравнение теплового баланса для элементарного объёма.
10. Основное уравнение теплопроводности и его виды. Начальное и граничное условие.
11. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности. Граничные условия I рода. Симметричное охлаждение стенки при начальной температуре, распределённой по закону синуса. Учёт теплоизоляции.
12. Роль термического коэффициента сопротивления. Симметричное охлаждение стенки при начальной постоянной температуре. Несимметричное одностороннее остывание при начальной температуре.
13. Распределение температуры в стене при установившихся колебаниях температуры на одной из её поверхностей по закону косинуса с известным периодом колебаний и амплитудой.

14. Распределение температуры для полупространства. Примеры практических случаев одной задачи. Некоторые решения для граничных условий III рода.
15. Основы теории подобия. Постановка задачи. Сущность подобия. Критерии подобия. Критерии Био и Фурье и их физический смысл. Моделирование физических явлений, описываемых уравнением Фурье.
16. Условия подобия для упругих материалов. Влияние коэффициента Пуассона. Поляризационно-оптический метод. Тензометрические модели из материала с низким модулем упругости (гипс, эпоксидные смолы и др.).
17. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений. Основные типы однослойных и многослойных конструкций. Основы теории теплопроводности многослойных конструкций.
18. Расчёты температурного поля массивов с несъёмной опалубкой. Методы расчётов теплового режима замкнутых полостей.
19. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности (граничные условия I рода). Случай отсутствия внутреннего источника тепла. Метод конечных разностей для условий III рода.
20. Графический метод решения уравнений теплопроводности (метод Шмидта) при граничных условиях I и III рода.
21. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла (экзотермии).
22. Метод конечных разностей при наличии экзотермии и изменений температуры наружной среды.
23. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности для систем с постоянным коэффициентом теплопроводности и при отсутствии внутренних источников тепла.
24. Выбор конечно-разностной схемы. Границы погрешностей конечно-элементного решения.
25. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений. Температурные напряжения в период строительства и эксплуатации. Меры борьбы с температурными напряжениями.
26. Оценка температурной трещиностойкости сооружений и их элементов.
27. Набухание бетона и его роль в формировании напряжённого состояния различных типов бетонных плотин. Учёт набухания бетона при назначении расчётных нагрузок.
28. Расчёты температурного режима грунтовых плотин (талых и мёрзлых). Определение положения нулевой изотермы при нестационарном режиме в талой и мёрзлой плотине по методу И. С. Моисеева.

29. Решение задачи Стефана для определения температуры мёрзлых плотин при их оттаивании и талых плотин при их промерзании в эксплуатационный период с учётом скрытой теплоты фазовых переходов влаги в грунте.
30. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях. Определение термонапряжённого состояния ячеистой конструкции. Определение теплового состояния ячеистой конструкции от сезонного изменения температур.
31. Расчёт ячеистых конструкций ГТС на температурные воздействия. Результаты определения теплового и термонапряжённого состояния ячеистой конструкции с использованием экспериментального и расчётного методов.
32. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ. Конструктивные особенности ограждающих дамб талого и мёрзлого типа. Зимняя укладка хвостов. Расчёт пляжа намыва в зимний период. Транспортировка пульпы.

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

При сдаче зачёта с оценкой студент самостоятельно, логично, в полном объеме излагает теоретический материал, ссылается на авторов, разрабатывавших соответствующую проблематику, приводит конкретные примеры, правильно использует научную терминологию, без серьезных затруднений отвечает на дополнительные вопросы.

Студент демонстрирует свою компетентность при решении задачи (вопроса).

Возможно, что студент, хотя и имеет затруднения при самостоятельном изложении теоретического содержания, но исправляется при ответах на уточняющие вопросы, без серьезных затруднений отвечает на большую часть дополнительных вопросов, приводит адекватные примеры с использованием научных терминов.

Критерии оценивания результатов обучения при сдаче зачёта с оценкой приведены в таблице 7.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Таблица 7

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.



	<b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворитель- но)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворите- льно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Зимнюков В.А., Зборовская М.И., Зайцев А. И. Учёт температурных воздействий при работе гидротехнических сооружений: учебное пособие. М., Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Институт природообустройства имени А. Н. Костякова, 2017 г. – 112 с. Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo366.pdf>.

2. Михеев, П.А. Строительная физика: Курс лекций. / П. А. Михеев; Специальность 08.03.01 – Строительство, направленности: Промышленное и государственное строительств и Экспертиза и управление недвижимостью. — Электрон. текстовые дан. — Новочеркасск: Лик, 2022. — 139 с. —Режим доступа авторизованных пользователей: <http://elib.timacad.ru/dl/full/s27062022Miheev.pdf>.

3. Калекин, В. С. Гидравлика и теплотехника : учебное пособие для вузов / В. С. Калекин, С. Н. Михайлец. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 318 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11738-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/542573>

4. Теория тепломассопереноса в нефтегазовых и строительных технологиях : учебное пособие для вузов / А. Б. Шабаров [и др.] ; под редакцией А. Б. Шабарова, А. А. Кислицына. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 332 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03562-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539114>

5. Колос, А. Ф. Решение типовых задач по проектированию земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах : учебное пособие / А. Ф. Колос, И. В. Колос, А. А. Конон. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. — 63 с. — ISBN 978-5-7641-1768-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264608>

6. Доладов, Ю. И. Теория и методы зимнего бетонирования : учебное пособие / Ю. И. Доладов. — Самара : СамГУПС, 2013. — 135 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130276>

7.

### 8. Дополнительная литература

1. Гидротехнические сооружения: Учебное пособие /Николай Павлович Розанов, Я. В. Бочкарев, В. С. Лапшенкова; под ред. Н. П. Розанова. –

М.: Агропромиздат, 1985 . – 432 с. : ил . – (Учебники и учеб. пособия для высших с.-х. учеб. заведений) (42 экз.)

2. Каганов, Г.М. Гидротехнические сооружения: Учебник для энерг. и энергостроит. спец. техникумов В 2-х кн.: Кн.1 / Г.М. Каганов, И. С. Румянцев, под ред. Г.М. Каганова . – М. : Энергоатомиздат, 1994 . – 304 с. : ил. - ISBN 5-283-01982-9 (10 экз.)

3. Ефименко, С. В. Теоретические аспекты водно-теплового режима земляного полотна и дорожных одежд при глубоком сезонном промерзании грунтов : учебное пособие / С. В. Ефименко, В. Н. Ефименко. — Томск : ТГАСУ, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-6049093-0-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/324782>

4. Смышляев, Б. Н. Особенности проектирования искусственных сооружений в суровых условиях Дальневосточного региона : учебное пособие / Б. Н. Смышляев. — 2-е изд., испр. и доп. — Хабаровск : ДВГУПС, 2020. — 87 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179435>

5. Толстенева, А. А. Архитектурная физика : учебное пособие для вузов / А. А. Толстенева, Л. И. Кутепова, А. А. Абрамов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 175 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06714-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: [https://urait.ru/bcode/540357\\_7.2](https://urait.ru/bcode/540357_7.2).

6. Еремкин, А. И. Тепловой режим зданий : учебное пособие для вузов / А. И. Еремкин, Т. И. Королева. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 304 с. — ISBN 978-5-507-47568-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/392366>

7. Лушин, К. И. Тепловлагопередача через наружные ограждения и расчет теплового баланса помещений и воздухообмена квартиры жилого здания : учебно-методическое пособие / К. И. Лушин, Н. Ю. Плющенко, К. П. Зубарев. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2022. — 51 с. — ISBN 978-5-7264-3116-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/342584>

8. Браже, Р. А. Лекции по физике : учебное пособие / Р. А. Браже. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1436-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211247>

9. Малявина, Е. Г. Климатические характеристики для строительства в городах России : учебно-методическое пособие / Е. Г. Малявина, О. Ю. Маликова, А. А. Фролова. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2022. — 47 с. — ISBN

978-5-7264-3143-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/342470>

10. Белов, Г. В. Термодинамика : учебник и практикум для вузов / Г. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 572 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16510-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. с. 7 — URL: <https://urait.ru/bcode/544923/p.7>

### **7.3. Нормативные правовые акты**

1. Справочное пособие к СНиП 23-01-99\* Строительная климатология М.: НИИ строительной физики РААСН, 2006 г.

2. ГОСТ Р 55912-2020 Климатология строительная. Номенклатура показателей наружного воздуха. ФГБУ "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук" (НИИСФ РААСН). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2020

3. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99\* (с Изменением N 1) Применяется с 25.06.2021. ФГБУ "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук" (НИИСФ РААСН). Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2021г.

### **7.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

1. Глушанкова, Л. Я. Элементы уравнений математической физики : учебное пособие / Л. Я. Глушанкова, И. А. Голубева. — Минск : БНТУ, 2017. — 26 с. — ISBN 978-985-550-651-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/247862> (дата обращения: 15.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 27.).

2. Линейные и нелинейные уравнения физики : учебное пособие / составители А. В. Копытов, А. В. Кособуцкий. — Кемерово : КемГУ, 2018 — Часть 1 : Уравнения математической физики — 2018. — 82 с. — ISBN 978-5-8353-2234-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111491> (дата обращения: 15.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гришанина, Г. Э. Уравнения математической физики : учебное пособие / Г. Э. Гришанина. — Дубна : Государственный университет «Дубна», 2018 — Часть 1 — 2018. — 52 с. — ISBN 978-5-89847-539-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/154507> (дата обращения: 15.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Деревич, И. В. Практикум по уравнениям математической физики : учебное пособие / И. В. Деревич. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 428 с. — ISBN 978-5-8114-2601-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212843> (дата обращения: 15.10.2022)

#### **8. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Комплексы программ Microsoft Office, Интернет ресурсы - <http://www.rushydro.ru> (открытый доступ) и [gosnadzor.ru](http://gosnadzor.ru) (открытый доступ).

#### **9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Таблица 8

**Перечень программного обеспечения**

п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год
1	Все разделы	«Консультант Плюс»	Справочная правовая система	н/д	2025 г.
2	Все разделы	MIDAS	Расчётная программа	Компания MIDAS	2025

#### **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения занятий необходимо:

1. Компьютерный класс с числом оборудованных компьютерами мест не менее 15. Компьютеры с операционной системой Win 10 или более поздние версии, процессоры с частотой не менее 2 000 МГц, RAM 8 Гбт. (15 шт.).
2. Установленный на каждый компьютер пакет программ Office 2025 (Word, Excel, Access, PowerPoint) или более поздней версии, Libre Office.
3. Проектор и экран (передвижной или стационарный) .
4. Ноутбук.
5. Современная доска с аксессуарами.

Таблица 9

**Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями**

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная	Компьютеры с программным комплексом Инвентаризационный номер 210134000000500÷210134000000514

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
аудитория для проведения курсового проектирования, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы № 352 кор.29 (ул. Б. Академическая д. 44 строение 5)	
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы. № 233 кор.29 (ул. Б. Академическая д. 44 строение 5)	Компьютеры с программным комплексом: преподавательский компьютер: инвентаризационный номер 2101340105; студенческие компьютеры: 210134000000467÷210134000000477, 210134000000926, ...932, ...1346÷...1353 Видеопроектор: инвентаризационный номер 410134000001135; экран, доска
Читальный зал кор.29 (ул. Б. Академическая д. 44 строение 5)	Техническая литература, нормативные документы, компьютеры с выходом в интернет

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Для реализации рабочего учебного плана и выполнения программы дисциплины студент должен:

В период учебного процесса по курсу (дисциплине):

1. Получить и изучить тематический план занятий по предмету.
2. Получить в библиотеке прилагаемую к тематическому плану основную литературу.
3. Получить у преподавателя комплект компьютерных файлов и ссылки на необходимые для изучения дисциплины электронные ресурсы.
4. Получить у преподавателя перечень вопросов по текущей аттестации.
5. Получить у преподавателя перечень вопросов к экзамену (промежуточная аттестация). В течение семестра:
6. Прослушать курс лекций. Участвовать в практических занятиях и практической работе.
7. Изучить соответствующий материал тематического плана по основной литературе и по электронным источникам информации.
8. Подготовиться и проходить этапы текущей аттестации.
9. Подготовиться к сдаче экзамена по дисциплине.

### Виды и формы отработки пропущенных занятий:

Студент, пропустивший занятия, обязан самостоятельно изучить, пользуясь учебной литературой, имеющейся в библиотеке или выданной в виде электронных файлов преподавателем, сведениями интернет-ресурсов, материал пропущенного занятия с обязательным составлением конспекта по лекционному курсу. Материал считается отработанным после собеседования с преподавателем, оценившим положительно работу студента.

### *В период учебного процесса по курсу (дисциплине) необходимо:*

**1. Активное участие:** Студенты должны активно участвовать в учебном процессе, задавать вопросы и обсуждать материал, что включает в себя несколько ключевых аспектов:

1. Задавание вопросов: Студенты должны не стесняться задавать вопросы, чтобы прояснить непонятные моменты и глубже понять материал.
2. Обсуждение: Участие в обсуждениях с преподавателем и другими студентами помогает обмениваться мнениями, делиться идеями и развивать критическое мышление.
3. Работа в группах: Совместные проекты и задания способствуют более глубокому усвоению материала и развивают навыки командной работы.
4. Подготовка к занятиям: Активное участие подразумевает предварительную подготовку к занятиям, изучение необходимой литературы и выполнение домашних заданий.

5. Обратная связь: Студенты могут давать обратную связь о курсе, что помогает преподавателю корректировать методику преподавания и учитывать интересы учащихся.

Таким образом, активное участие способствует более эффективному обучению и развитию навыков, необходимых для будущей профессиональной деятельности.

**2. Самостоятельная работа:** регулярно выполнять домашние задания и проекты, углубляя свои знания - важная часть работы студента и включает в себя несколько ключевых аспектов:

1. Регулярность выполнения заданий: Студенты должны систематически выполнять домашние задания и проекты, что способствует последовательному усвоению материала и

улучшению навыков.

2. Углубление знаний: Самостоятельная работа должна быть направлена на углубление понимания тем, изучаемых на занятиях. Студенты могут использовать дополнительные источники информации, такие как научные статьи, книги, онлайн-курсы и видеолекции.

3. Развитие критического мышления: Выполнение заданий может включать анализ, синтез и оценку информации, что способствует развитию критического мышления и способности к самостоятельному решению проблем.

4. Творческий подход: важно поощрять студентов к творческому подходу в выполнении проектов, что может включать оригинальные исследования, эксперименты или практическое применение теоретических знаний.

5. Самоорганизация и тайм-менеджмент: студенты должны учиться планировать свое время и расставлять приоритеты, чтобы эффективно управлять своей учебной нагрузкой и не допускать накопления заданий.

6. Рефлексия: после выполнения самостоятельной работы полезно проводить рефлекссию, анализируя, что удалось сделать, какие трудности возникли и как можно улучшить подход в будущем.

Таким образом, самостоятельная работа студентов не только углубляет их знания, но и развивает навыки, которые будут полезны в их дальнейшей учебе и профессиональной деятельности.

**3. Практика:** участвовать в практических занятиях и стажировках для получения реального опыта.

Участие в практических занятиях и стажировках является неотъемлемой частью образовательного процесса, особенно в профессиональных и прикладных областях. Вот основные аспекты, которые стоит учитывать:

1. Практическое применение знаний: Практические занятия и стажировки позволяют студентам применять теоретические знания, полученные в ходе учебы, в реальных условиях. Это помогает лучше понять, как теория переводится в практику.

2. Развитие профессиональных навыков: Участие в практических занятиях дает возможность развивать конкретные навыки, необходимые для будущей профессии. Это может включать технические навыки, умения работать в команде, коммуникативные навыки и другие.

3. Получение реального опыта: Стажировки и практические занятия предоставляют студентам возможность увидеть, как функционируют организации в их области. Это помогает лучше понять рынок труда и требования работодателей.

4. Сетевое взаимодействие: во время стажировок студенты могут устанавливать профессиональные контакты с коллегами, наставниками и потенциальными работодателями, что может быть полезно для дальнейшего трудоустройства.

5. Обратная связь и развитие: Практические занятия часто сопровождаются обратной связью от преподавателей или наставников, что позволяет студентам корректировать свои действия и улучшать профессиональные навыки.

6. Подготовка к трудоустройству: Участие в стажировках и практиках может значительно повысить конкурентоспособность студентов на рынке труда, так как наличие практического опыта часто является важным критерием для работодателей.

7. Рефлексия и анализ: По окончании практических занятий или стажировок важно проводить рефлекссию, анализируя полученный опыт, выявляя сильные и слабые стороны, а также определяя направления для дальнейшего развития.

Таким образом, практика является ключевым элементом в подготовке студентов к профессиональной деятельности, обеспечивая им необходимые навыки, опыт и уверенность для успешного начала карьеры.

**4. Исследование:** изучать дополнительную литературу и научные статьи по



актуальным темам:

Исследование и изучение дополнительной литературы и научных статей является важным элементом профессионального развития студентов и специалистов. Вот основные аспекты, на которые стоит обратить внимание:

1. Актуальность тематики: студенты должны выбирать темы, которые соответствуют современным тенденциям и вызовам в изучаемой области.

2. Разнообразие источников: важно исследовать различные источники информации, включая научные статьи, монографии, диссертации, конференционные материалы, а также специализированные журналы и онлайн-платформы, посвященные строительству. Это позволит получить более полное представление о теме.

3. Критический анализ: при изучении литературы студенты должны развивать навыки критического мышления, анализируя и сравнивая различные подходы, теории и практики. Это помогает формировать собственное мнение и углублять понимание предмета.

4. Систематизация информации: рекомендуется систематизировать полученные знания, создавая конспекты, таблицы или схемы, что поможет лучше усвоить информацию и упростит её дальнейшее использование.

5. Применение полученных знаний: изучение научной литературы должно быть направлено на применение полученных знаний в практической деятельности. Студенты могут использовать их для выполнения практических работ, а также для участия в проектах.

6. Участие в научных конференциях: студенты могут также рассмотреть возможность участия в научных конференциях, семинарах и вебинарах, где они смогут представить свои исследования и обменяться опытом с коллегами и специалистами.

7. Рефлексия и обсуждение: после изучения литературы полезно обсуждать полученные знания с преподавателями и однокурсниками, что способствует более глубокому пониманию тем и выявлению новых вопросов для исследования.

Таким образом, активное исследование и изучение дополнительной литературы в области технического строительства не только обогащает знания студентов, но и развивает их исследовательские навыки, что является важным аспектом их профессиональной подготовки.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Для реализации утвержденного рабочего учебного плана преподаватель должен, кроме надлежащего знания технической и методической сути вопроса, владеть современными методами обучения с использованием разнообразных средств информатики.

1. Уметь пользоваться компьютером и видеопроектором для представления информации в наиболее доступном визуальном режиме. Речь идёт о программах представления презентаций типа Microsoft Power Point, программах для демонстрации видеофильмов, видеороликов, флэш-анимации, панорамных объёмных снимков и т. п.

2. Досконально знать один из редакторов электронных таблиц, например типа Excel и уметь разрабатывать с его помощью мгновенную визуализацию результатов расчёта на экране монитора в графическом и табличном видах.

3. Владеть и уметь пользоваться программным обеспечением для выполнения различных чертежей (AutoCAD 2022–2025, NanoCAD).

4. Владеть пакетом Microsoft Office для возможности представления результатов работ, сделанных в различных программных продуктах, в текстовом редакторе Word или аналогичном.

## ***В период учебного процесса преподавателю необходимо поддерживать:***

**1. Актуальность материалов:** обновлять учебные материалы в соответствии с последними достижениями в области строительства.

Это важная задача для преподавателей, которая способствует актуализации знаний студентов и повышению качества образования. Она включает в себя:

*1. Мониторинг новых исследований и технологий:* Преподаватели должны регулярно отслеживать последние научные исследования, публикации, патенты и инновационные технологии в области строительства. Это можно сделать с помощью специализированных журналов, участвовать в профессиональных ассоциациях и конференциях.

*2. Анализ потребностей студентов:* важно учитывать интересы и потребности студентов, чтобы обновляемые материалы были актуальны и соответствовали их образовательным целям. Можно проводить опросы или обсуждения, чтобы понять, какие темы вызывают наибольший интерес.

*3. Интеграция новых тем в учебные программы:* Преподаватели должны адаптировать учебные планы и программы, включая новые темы, которые отражают актуальные тренды и проблемы в строительстве, такие, например, как устойчивое развитие, цифровизация, BIM-технологии и другие.

*4. Использование мультимедийных ресурсов:* важно внедрять современные мультимедийные ресурсы, такие как видео, интерактивные модели, онлайн-курсы и вебинары, которые помогают лучше усваивать материал и делают обучение более интересным и доступным.

*5. Создание и обновление учебных пособий:* преподаватели должны работать над созданием или обновлением учебных пособий, включая современные примеры и кейсы из практики, которые иллюстрируют применение новых технологий и методов в строительстве.

*6. Вовлечение практиков:* для актуализации материалов полезно привлекать практикующих специалистов в области строительства для проведения лекций, мастер-классов или семинаров. Это поможет студентам увидеть, как теоретические знания применяются в реальной практике.

*7. Обратная связь от студентов:* регулярно собирать и анализировать обратную связь от студентов о качестве учебных материалов и их актуальности. Это позволит преподавателям своевременно вносить необходимые изменения и улучшения.

**8. Профессиональное развитие преподавателей:** преподаватели должны активно участвовать в программах повышения квалификации, семинарах и курсах, чтобы оставаться в курсе последних тенденций и разработок в области строительства и образования.

*9. Кросс-дисциплинарный подход:* рассмотреть возможность интеграции знаний из смежных областей, таких как архитектура, инженерия, экология и экономика, что поможет создать более полное и актуальное представление о строительстве.

Следуя этим рекомендациям, преподаватели смогут обеспечить актуальность учебных материалов, что в свою очередь повысит качество образования и подготовит студентов к вызовам, с которыми они столкнутся в своей профессиональной деятельности.

**2. Интерактивные методы обучения:** использовать современные методы и технологии обучения, такие как групповые проекты, кейс-методы и презентации.

Интерактивные методы обучения — это важный аспект современного образовательного процесса, который способствует активному вовлечению студентов, развитию критического мышления и практических навыков. Вот методические рекомендации для преподавателей по использованию современных интерактивных методов и технологий обучения:

### *1. Групповые проекты*

- **Формирование команд:** Сформируйте группы студентов с учетом их интересов и навыков. Это поможет создать разнообразные команды, где каждый может внести свой вклад.

- Определение задач: четко сформулируйте цели проекта и ожидаемые результаты. Это может включать исследование актуальной темы, разработку проекта или решение конкретной проблемы в области строительства.

- Регулярные встречи: Организуйте регулярные встречи для обсуждения прогресса, обмена идеями и решения возникающих трудностей. Это помогает поддерживать мотивацию и вовлеченность студентов.

- Оценка результатов: Разработайте критерии оценки групповых проектов, которые включают как индивидуальные, так и командные достижения. Обеспечьте возможность для саморефлексии и обратной связи.

## *2. Кейс-методы*

- Выбор кейсов: Используйте реальные или смоделированные кейсы, которые отражают актуальные проблемы в строительной отрасли. Это поможет студентам увидеть практическое применение теоретических знаний.

- Анализ и обсуждение: Создайте условия для активного обсуждения кейсов в классе. Студенты должны иметь возможность анализировать ситуацию, предлагать решения и обосновывать свои мнения.

- Роли в обсуждении: разделите студентов на группы и назначьте им разные роли (например, заказчик, подрядчик, инженер), что поможет рассмотреть проблему с различных точек зрения.

- Презентация решений: попросите группы представить свои решения и обосновать их, что развивает навыки публичных выступлений и аргументации.

## *3. Презентации*

- Подготовка материалов: Студенты должны подготовить презентации по темам, связанным с курсом. Это может быть как индивидуальная, так и групповая работа.

- Использование технологий: Поощряйте студентов использовать современные технологии для создания презентаций (например, PowerPoint, Prezi, Canva), чтобы сделать их более визуально привлекательными и информативными.

- Обратная связь: после каждой презентации организуйте обсуждение, где студенты могут задавать вопросы и давать конструктивную обратную связь своим сверстникам.

- Оценка представлений: Разработайте критерии оценки презентаций, которые учитывают содержание, структуру, визуальное оформление и навыки представления.

## *4. Использование технологий*

- Виртуальные платформы: Используйте онлайн-платформы для совместной работы над проектами (например, Google Docs, Trello, Miro), что позволяет студентам работать вместе, даже если они находятся в разных местах.

- Интерактивные инструменты: Внедряйте интерактивные инструменты, такие как опросы (например, Mentimeter, Kahoot), для проверки знаний и вовлечения студентов в обсуждение в реальном времени.

- Вебинары и онлайн-курсы: Поощряйте студентов участвовать в вебинарах и онлайн-курсах, которые могут дополнить учебный процесс и предоставить доступ к актуальной информации.

## *5. Рефлексия и самооценка*

- Рефлексия после занятий: включите время для рефлексии после интерактивных методов обучения, чтобы студенты могли обсудить, что они узнали, какие трудности возникли и как они могут улучшить свои навыки.

- Самооценка: Предоставьте студентам возможность оценить свою работу и работу своей группы, что способствует развитию критического мышления и ответственности.

Следуя этим рекомендациям, преподаватели смогут создать динамичную и интерактивную образовательную среду, способствующую глубокому пониманию материала и развитию практических навыков у студентов.

**3. Оценивание:** разработать четкие критерии оценивания, которые будут учитывать как теоретические знания, так и практические навыки студентов.

Разработка четких критериев оценивания — это ключевой аспект учебного процесса, который помогает обеспечить прозрачность, справедливость и объективность в оценивании студентов. Стремимся к созданию эффективной системы оценивания, учитывающей как теоретические знания, так и практические навыки:

#### 1. *Определение целей обучения*

- Формулирование целей: начните с **четкого определения целей обучения для каждого модуля или курса**. Это поможет установить, какие знания и навыки студенты должны продемонстрировать.

- Соответствие критериям: убедитесь, что разработанные критерии оценивания соответствуют заявленным целям обучения, чтобы отражать то, что студенты должны знать и уметь делать по окончании курса.

#### 2. *Разработка критериев оценивания*

- Четкость и конкретность: критерии должны быть ясными и конкретными. Избегайте неопределенных формулировок и старайтесь использовать измеримые характеристики.

- Разделение на категории: разделите оценивание на несколько категорий, таких как:

- теоретические знания (знание понятий, принципов и теорий).

- практические навыки (умение применять знания в практических ситуациях, решать проблемы).

- коммуникационные навыки (умение представлять информацию, работать в команде).

- критическое мышление (анализ, синтез, оценка информации).

#### 3. *Использование рубрик*

- Создание рубрик: Разработайте рубрики оценивания для различных типов заданий (эссе, проекты, презентации, практические работы). Рубрика должна включать уровни достижения (например, от "недостаточно" до "отлично") и описания для каждой категории.

- Примеры и образцы: Предоставьте студентам примеры, чтобы они могли лучше понять, как будут оцениваться их работы. Это может быть полезно для повышения качества выполнения заданий.

#### 4. *Оценивание теоретических знаний*

- Тесты и экзамены: используйте различные форматы тестов (множественный выбор, открытые вопросы, эссе), чтобы оценить уровень теоретических знаний студентов.

- Анализ и обсуждение: включайте задания, требующие анализа теоретических концепций и их применения к практическим ситуациям, что поможет связать теорию с практикой.

#### 5. *Оценивание практических навыков*

- Практические задания: оцените выполнение практических заданий или проектов, где студенты могут продемонстрировать свои навыки. Убедитесь, что задания требуют применения теоретических знаний.

- Наблюдение и оценка: В случае практических занятий, таких как лабораторные работы или мастер-классы, используйте наблюдение для оценки выполнения задач и взаимодействия студентов.

#### 6. *Учет командной работы*

- Групповые проекты: Разработайте критерии оценивания для групповых проектов, которые учитывают как общий результат, так и индивидуальный вклад каждого члена группы.

- Самооценка и обратная связь: включите элементы самооценки и обратной связи от однокурсников, что поможет студентам развивать навыки рефлексии и понимания своей роли в команде.

#### 7. *Обратная связь*

- Регулярная обратная связь: Предоставляйте студентам регулярную и конструктивную обратную связь по их работе, что поможет им понять сильные и слабые стороны, а также пути для улучшения.

- Обсуждение результатов: Организуйте встречи для обсуждения оценок, чтобы

студенты могли задать вопросы и получить разъяснения по критериям оценивания.

#### 8. Гибкость и адаптация

- Адаптация критериев: Будьте готовы адаптировать критерии оценивания в зависимости от контекста, уровня группы и специфики курса. Это поможет учесть индивидуальные особенности студентов и их прогресс.

Следуя этим рекомендациям, преподаватели смогут разработать эффективную систему оценивания, которая будет способствовать не только оценке знаний и навыков студентов, но и их развитию, повышая мотивацию и вовлеченность в учебный процесс.

**4. Обратная связь:** регулярно предоставлять студентам обратную связь по их работе и прогрессу, а также организовывать консультации.

Обратная связь является важным элементом образовательного процесса, так как она помогает студентам осознать свои сильные и слабые стороны, а также направляет их на пути к улучшению. Вот несколько рекомендаций для преподавателей по организации обратной связи:

##### 1. Регулярность:

- устанавливается график предоставления обратной связи (например, после каждого задания или модуля).

- используются промежуточные проверки, чтобы отслеживать прогресс студентов и вовремя корректировать их обучение.

2. Конструктивность: - обратная связь должна быть конкретной и конструктивной. Указывайте не только на ошибки, но и на достижения.

- Используйте "правило трёх": два положительных замечания и одно конструктивное. Это помогает поддерживать мотивацию студентов.

##### 3. Индивидуальный подход:

- Учитывайте индивидуальные особенности студентов и их уровень подготовки при предоставлении обратной связи.

- Проводите индивидуальные консультации для более глубокой проработки вопросов и проблем, с которыми сталкивается студент.

##### 4. Разнообразие форматов:

- Используйте различные форматы обратной связи: устные, письменные, видеообзоры и т. д.

- Организуйте peer-review (взаимное оценивание) среди студентов для обмена мнениями и получения разнообразной обратной связи.

##### 5. Поощрение саморефлексии:

- Поощряйте студентов к саморефлексии, предлагая им оценить собственную работу и прогресс.

- Включайте в задания вопросы, которые помогут студентам задуматься о том, что они узнали и как могут улучшить свои навыки.

##### 6. Доступность:

- Обеспечьте доступность преподавателя для студентов. Установите часы приема и будьте открыты для вопросов через электронную почту или другие платформы.

- Создайте безопасную атмосферу, где студенты могут свободно выражать свои сомнения и получать помощь.

##### 7. Обратная связь по итогам:

- По завершении курса или модуля предоставьте общую обратную связь по результатам группы, выделяя общие достижения и области для улучшения.

— Это поможет студентам понять, как они вписываются в общий контекст и какие шаги могут предпринять для дальнейшего развития.

Следуя этим рекомендациям, преподаватели смогут создать более эффективную и поддерживающую образовательную среду, способствующую развитию студентов.

## ***Заключение***

Эти методические указания помогут студентам и преподавателям организовать учебный процесс по дисциплине более эффективно. Следуя данным рекомендациям, можно добиться глубокого понимания предмета и развития практических навыков, необходимых для успешной карьеры.

Разработчик программы

Доцент кафедры гидротехнических

сооружений, к.т.н.  
Зборовская М.И.



\_\_\_\_\_  
(подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.09 «Строительная физика»  
ОПОП ВО по направлению 08.03.01 «Строительство»,  
направленность «Гидротехническое строительство»  
(квалификация выпускника – бакалавр)

и.о. заведующего кафедрой сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций ИМВХС имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, к.т.н. доцентом Али Мунзер Сулейманом (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Строительная физика» ОПОП ВО по направлению 08.03.01 - «Строительство», направленность «Гидротехническое строительство» (уровень обучения - бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Гидротехнические сооружения» (разработчик – Зборовская М.И., доцент, к.т.н.).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Строительная физика» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 08.03.01 - «Строительство». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к базовой части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 08.03.01 - «Строительство».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Строительная физика» закреплено 3 компетенции. Дисциплина «Строительная физика» и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях.

5. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Строительная физика» составляет 3 зачётных единицы (108 часов, в том числе 0 часов практической подготовки).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Строительная физика» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 08.03.01 - «Строительство» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины «Строительная физика» предполагает 13 занятий в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 08.03.01 - «Строительство».

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в анализе конкретных ситуаций (кейсов), лабораторная работа в форме игрового проектирования (в профессиональной области)), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 08.03.01 - «Строительство».

12. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 6 источников (базовый учебник), дополнительной литературой – 10 наименований, нормативными изданиями – 3 источника, методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям - 4 источника со ссылкой на электронные ресурсы, интернет-ресурсы – 2 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 08.03.01 - «Строительство».

14. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Строительная физика» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

15. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Строительная физика».

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Строительная физика» ОПОП ВО по направлению 08.03.01 - «Строительство», направленность «Гидротехническое строительство» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Зборовской М.И., к.т.н. доцентом, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Али Мунзер Сулейман, и.о. заведующего кафедрой сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций  
ИМВХС имени А. Н. Костякова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева»,  
кандидат технических наук, доцент



\_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_