

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

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

Дата подписания: 15.07.2023 18:23:16

Уникальный программный ключ:  
dcb6dc8315334aed86f2a7c3a0ce1717be1e29



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.

«13» 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.10 Строительная физика

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 08.03.01 «Строительство»

Направленность: «Гидротехническое строительство»

Курс 2

Семестр 3

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

Регистрационный номер \_\_\_\_\_

Москва 2021

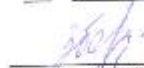
Разработчики:

Доцент кафедры гидротехнических сооружений, к.т.н.

 Зиминов В.А.

«  »    20   г.

Доцент кафедры гидротехнических сооружений, к.т.н.

 Зборовская М.И.

«25» 08 2024 г.

Инженер кафедры гидротехнических сооружений

 Зайцев А. И.

«  »    20   г.

Рецензент:

заведующий кафедрой  
сельскохозяйственно-го водоснабжения, водоотведения,  
насосов и насосных станций,  
к.т.н., доцент

 Али Мунзер Сулейман

«2» 08 2024 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры гидротехнических сооружений протокол № 12 от «4» 08 2024 г.


Зав. кафедрой гидротехнических сооружений, профессор, д.т.н.

 Ханов Н.В.

«31» 08 2024 г.


Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии ИМВХС имени А.Н.Костякова  
Смирнов А.П. доцент, к.т.н.

 (подпись)

«21» 08 2024 г.

Заведующий выпускающей кафедрой  
Гидротехнических сооружений,  
профессор, д.т.н.

 Ханов Н.В.

«21» 08 2024 г.

Зав. отделом комплектования ЦБ

 (подпись)

Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных средств получены:  
Методический отдел УМУ

«  »    20   г.

## 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.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ.....	16
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>23</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>24</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	24
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	27
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>28</b>
<b>7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>28</b>
<b>7.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>28</b>
<b>7.3. НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....</b>	<b>29</b>
<b>7.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....</b>	<b>29</b>
<b>8. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ: .....</b>	<b>29</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>29</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>29</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>30</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</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.

**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-1.4** (Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач; Выявление системных связей и отношений между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы), **ПКос-2.5** (Способность осуществлять организационно-техническое сопровождение изысканий (обследований, испытаний) в сфере строительства; Составление проекта отчета по результатам обследования (испытания) строительной конструкции здания и сооружения); **ПКос-3.5** (Способность выполнять работы по проектированию зданий и сооружений; Назначение основных параметров строительной конструкции здания и сооружения); **ПКос-4.2** (Способность проводить расчетное обоснование проектных решений зданий и сооружений; Выбор нормативно-технических документов, устанавливающих требования к расчетному обоснованию проектного решения здания и сооружения); **ПКос-4.3** (Выбор методики расчетного обоснования проектного решения конструкции здания и сооружения).

**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:** 72 часа (2 зачетных единицы).

**Промежуточный контроль по дисциплине:** 3 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, устанавливающие 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.

### **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 трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ семестрам 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-1.4</b> Выявление системных связей и отношений между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы	- методы выявления системных связей и отношений между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы	- выявлять системные связи и отношения между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы	- методами выявления системных связей и отношений между изучаемыми явлениями, процессами и/или объектами на основе принятой парадигмы
2.	ПКос-2	<i>Способность осуществлять организационно-техническое сопровождение изысканий (обследований, испытаний) в сфере строительства</i>	<b>ПКос-2.5</b> Составление проекта отчета по результатам обследования (испытания) строительной конструкции здания и сооружения	- принципы и правила составления проекта отчета по результатам обследования (испытания) строительной конструкции здания и сооружения	- составлять проект отчета по результатам обследования (испытания) строительной конструкции здания и сооружения	- принципами и правилами составления проекта отчета по результатам обследования (испытания) строительной конструкции здания и сооружения
3.	ПКос-3	<i>Способность выполнять работы по проектированию зданий и сооружений</i>	<b>ПКос-3.5</b> Назначение основных параметров строительной конструкции здания и сооружения	- правила назначения основных параметров строительной конструкции здания и сооружения	- назначать основные параметры строительной конструкции здания и сооружения	- порядком и принципами назначения основных параметров строительной конструкции здания и сооружения
			<b>ПКос-4.2</b>	- особенности выбора	- выбирать и	- порядком выбора

4.	ПКос-4	<i>Способность проводить расчетное обоснование проектных решений зданий и сооружений</i>	Выбор нормативно-технических документов, устанавливающих требования к расчетному обоснованию проектного решения здания и сооружения	нормативно-технических документов, устанавливающих требования к расчетному обоснованию проектного решения здания и сооружения	использовать нормативно-технические документы, устанавливающих требования к расчетному обоснованию проектного решения здания и сооружения	нормативно-технических документов, устанавливающих требования к расчетному обоснованию проектного решения здания и сооружения
			<b>ПКос-4.3</b> Выбор методики расчетного обоснования проектного решения конструкции здания и сооружения	- основные методики расчетного обоснования проектного решения конструкции здания и сооружения	- выбирать методики расчетного обоснования проектного решения конструкции здания и сооружения	- принципами выбора методики расчетного обоснования проектного решения конструкции здания и сооружения



## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	В т. ч. по семестрам
		№
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>50,35</b>	<b>50,35</b>
<b>Аудиторная работа</b>		
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	16	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	34	34
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>59,75</b>	<b>59,75</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>	21,65	21,65
Вид промежуточного контроля:	Зачёт с оценкой	

## 4.2 Содержание дисциплины

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3

### Тематический план учебной дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ЛЗ	КРА	
Основные понятия строительной физики.	4	1	-		1
Общие положения строительной теплофизики.	4	1	2		1
Виды температурных воздействий.	4	1	2		1
Температурные напряжения.	4	1	2		1
Мероприятия по регулированию температурного режима.	4	1	2		1
Основы температурных расчётов.	4	1	2		1
Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.	4	1	2		1
Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.	4	1	2		1
Основы теории подобия.	4	1	2		1
Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.	4	1	2		1
Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.	4	1	2		1

Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.	4	1	2		1
Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.	4	1	2		1
Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.	5	1	2		2
Расчёты температурного режима грунтовых плотин.	5	1	2		2
Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.	5	1	2		2
Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.	4,65		4		2,65
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35			0,35	
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>0,35</b>	<b>21,65</b>

## 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
<b>Раздел 1. Основные понятия строительной физики.</b>					
1	Тема 1. Основные понятия строительной физики.	Лекция № 1.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		1
<b>Раздел 2. Общие положения строительной теплофизики.</b>					
2	Тема 1. Общие положения строительной теплофизики.	Лекция № 2.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;		1
		Лабораторный практикум № 1.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Коллоквиум	2
<b>Раздел 3. Температурные воздействия</b>					
3	Тема 1 Температурные воздействия.	Лекция № 3.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;		1
		Лабораторный практикум № 2.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Устный опрос	2
<b>Раздел 4. Температурные напряжения.</b>					
4	Тема 1 Температурные напряжения.	Лекция № 4.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;		1
		Лабораторный практикум № 3.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Коллоквиум	2
<b>Раздел 5. Мероприятия по регулированию температурного режима.</b>					
5	Тема 1. Мероприятия по регулированию температурного режима.	Лекция № 5.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;		1
		Лабораторный практикум № 4.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Устный опрос	2
<b>Раздел 6. Основы температурных расчётов.</b>					
6	Тема 1. Основы температурных расчётов.	Лекция № 6.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;		1
		Лабораторный практикум № 5.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Коллоквиум	2
<b>Раздел 7. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.</b>					
7	Тема 1. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.	Лекция № 7.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;		1
		Лабораторный практикум № 6.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Устный опрос	2



№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторного практикума/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
<b>Раздел 8. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.</b>					
8	Тема 1. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.	Лекция № 8.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;	Коллоквиум	1
		Лабораторный практикум № 7.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		2
<b>Раздел 9. Основы теории подобия.</b>					
9	Тема 1. Основы теории подобия.	Лекция № 9.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;	Устный опрос	1
		Лабораторный практикум № 8.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		2
<b>Раздел 10. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.</b>					
10	Тема 1. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.	Лекция № 10.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;	Коллоквиум	1
		Лабораторный практикум № 9.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		2
<b>Раздел 11. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.</b>					
11	Тема 1. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.	Лекция № 11.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;	Устный опрос	1
		Лабораторный практикум № 10.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		2
<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.	Лекция № 12.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;	Коллоквиум	1
		Лабораторный практикум № 11.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		2
<b>Раздел 13. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.</b>					
13	Тема 1. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.	Лекция № 13.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;	Устный опрос	1
		Лабораторный практикум № 12.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		2
<b>Раздел 14. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.</b>					
14	Тема 1. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.	Лекция № 14.	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-1.4;	Коллоквиум	1
		Лабораторный практикум № 13.	ОПК-1.6; ОПК-6.7		2
<b>Раздел 15. Расчёты температурного режима грунтовых плотин.</b>					
15	Тема 1. Расчёты температурного режима грунтовых плотин.	Лекция № 15.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5;	Устный опрос	1
		Лабораторный практикум № 14.	ПКос-4 .2; ПКос-4 .3		2
<b>Раздел 16. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.</b>					
16	Тема 1. Оценка работы ячеистых	Лекция № 16.	УК-1.4; ПКос-		1

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела</b>	<b>№ и название лекций/лабораторного практикума/практических занятий</b>	<b>Формируемые компетенции</b>	<b>Вид контрольного мероприятия</b>	<b>Кол-во часов</b>
	сооружений при температурных воздействиях.	Лабораторный практикум № 15.	2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Коллоквиум	2
<b>Раздел 17. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.</b>					
17	Тема 1. Теплотехнические расчёты хвостохранилищ.	Лабораторный практикум № 16.	УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3	Устный опрос	4

**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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).

№ п/п	№ раздела	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 6. Основы температурных расчётов.</b>		
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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).

№ п/п	№ раздела	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 11. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности</b>		
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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<b>Раздел 16. Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях.</b>		
16	Тема 1. Оценка работы ячеистых сооружений при	Оценка работы ячеистых сооружений при температурных воздействиях. Определение термонапряжённого состояния

№ п/п	№ раздела	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	температурных воздействиях.	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 (УК-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).
<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-1.4; ПКос-2.5; ПКос-3.5; ПКос-4 .2; ПКос-4 .3).

## 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	ЛП	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Раздел 3. Виды температурных воздействий.	ЛП	Интерактивная экскурсия
2.	Раздел 4. Температурные напряжения.	ЛП	Анализ конкретных ситуаций
3.	Раздел 5. Мероприятия по регулированию температурного режима.	ЛП	Дискуссия
4.	Раздел 6. Основы температурных расчётов.	ЛП	Интерактивная экскурсия
5.	Раздел 7. Аналитические решения некоторых частных задач теплопроводности.	ЛП	Анализ конкретных ситуаций
6.	Раздел 8. Распределение температуры при установившихся колебаниях температуры.	ЛП	Дискуссия
7.	Раздел 9. Основы теории подобия.	ЛП	Интерактивная экскурсия
8.	Раздел 10. Тепловые расчёты однослойных и многослойных конструкций гидротехнических сооружений.	ЛП	Анализ конкретных ситуаций
9.	Раздел 11. Метод конечных разностей для решения задач теплопроводности.	ЛП	Дискуссия
10.	Раздел 12. Метод конечных разностей при учёте тепловыделения от внутреннего источника тепла.	ЛП	Интерактивная экскурсия
11.	Раздел 13. Метод конечных элементов для решения двумерных задач теплопроводности.	ЛП	Дискуссия
12.	Раздел 14. Термонапряжённое состояние бетонных гидротехнических сооружений.	ЛП	Дискуссия

## **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 нефилтующей земляной плотины талого типа (5 вар).
- 5) Температурный режим нефилтующей 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, дискуссий, и дебатов в соответствии с фондом оценочных средств.

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

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

#### **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, разработывавших 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.

Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » 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.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 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. Блэзи, В. Справочник проектировщика. Строительная физика / Блэзи, В. . – М. : Техносфера, 2019 . – 616 с.
3. Гидротехнические сооружения: Часть 2. Учебник для вузов / коллективный автор, Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, Н.А. Анискин, и др. . – М. : АСВ, 2008 . – 528 с.
4. 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

### 7.2. 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)
2. Гидротехнические сооружения : В 2-х частях. Ч - 1: Учебник для студентов вузов / М. М. Гришин, С.М. Слиский, А. И. Антипов, Г. А. Воробьев ; под ред. М. М. Гришина . – М. : "Высшая школа", 1979 . – 615 с.
3. Васильев, П.И. Железобетонные конструкции гидротехнических сооружений : Учебное пособие для студ. строит. вузов по спец.

"Гидротехнические сооружения" / П. И. Васильев, Ю. И. Кононов, Я.Н. Чирков . – Киев : Вища школа, 1982 . – 320 с.

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

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология

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

1. Архитектурная физика : Учебник для вузов / Владимир Константинович Лицкевич, Леонид Иосифович Макриненко, Инесса Валентиновна Мигалина ; под ред. Николай Владимирович Оболенский . – М. : Стройиздат, 2003 . – 448 с.

### **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**

<b>п/п</b>	<b>Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)</b>	<b>Наименование программы</b>	<b>Тип программы</b>	<b>Автор</b>	<b>Год разработки</b>
1	Все разделы	«Консультант Плюс»	Справочная правовая система	н/д	1992 г.

### **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 XP или Win 7 или более поздние версии, процессоры с частотой не менее 2 000 МГц, RAM 2 Гбт. (15 шт).
2. Установленный на каждый компьютер пакет программ Office 2010 (Word, Excel, Access, PowerPoint) или более поздней версии.
3. Проектор и экран (передвижной или стационарный).
4. Ноутбук.
5. Современная доска с аксессуарами.

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

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная 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)	Компьютеры с программным комплексом Инвентаризационный номер 21013400000500÷21013400000514
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: 21013400000467÷21013400000477, 21013400000926, ...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 начале семестра:

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 к зачёту.

В течение семестра:

1. Изучить соответствующий материал тематического плана по основной литературе и по электронным источникам информации.

2. Прослушать курс лекций.

В конце семестра:

1. Подготовиться к сдаче зачёта 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

2. Прослушать курс лекций.

В конце семестра:

1. Подготовиться к сдаче зачёта 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.

**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 идет о программах представления презентаций типа Microsoft Power Point, Corel Studio 12, программах для демонстрации видеофильмов, видеороликов, флеш-анимации, панорамных объемных снимков и т. п.

2. Досконально знать один из редакторов электронных таблиц, например, типа Excel, и уметь разрабатывать с его помощью интерактивные обучающие программы с возможностью мгновенной визуализации результатов расчета на экране монитора в графическом и табличном видах.

3. Владеть и уметь пользоваться программным обеспечением для выполнения различных чертежей (AutoCAD 2017-2020).

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


Программу разработали:

Доцент кафедры гидротехнических сооружений, к.т.н.

  
(подпись) Зимшокков В.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Доцент кафедры гидротехнических сооружений, к.т.н.

  
(подпись) Зборовская М.И.

«08» 08 2021 г.

Инженер кафедры гидротехнических сооружений

  
(подпись) Зайцев А. И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

Г. (подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.10 «Строительная физика»  
ОПОП ВО по направлению 08.03.01 «Строительство», направленность  
«Гидротехническое строительство»  
(квалификация выпускника – бакалавр)  
заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

Али Мунзер Сулейман

Али Мунзер Сулейманом, заведующим кафедрой сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций ИМВХС имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом технических наук, доцентом (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» (разработчики – Зборовская М.И., доцент, к.т.н.; Зимнюков В.А. - доцент, к.т.н., Зайцев А.И. - инженер).

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 5 компетенций. 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 2 зачётных единицы (72 часа).

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 12 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».

<sup>11</sup>. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях,



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 – 4 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 3 наименования, нормативными изданиями – 1 источник, методические указания – 1 источник 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 и Зиминковым В.А., к.т.н. доцентом, Зайцевым А.И. – инженером, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечивать формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Али Мунвер Сулейман, заведующий 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

  
« 25 » 08 2021 г.