

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

УТВЕРЖДАЮ

Декан/Директор

/Соболев В.В.

23.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория тепло и массообмена 10/015 (2023)
наименование – полностью

направление (специальность) 01.04.04 «Прикладная математика»
код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация) «Разработка программного обеспечения и
математических методов решения задач с использованием искусственного
интеллекта»
наименование – полностью

уровень образования: магистратура

форма обучения: очная
очная/очно-заочная/заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 3 зачетных единиц(ы)

Кафедра «Прикладная математика и информационные технологии»
полное наименование кафедры, представляющей рабочую программу

Составитель Русяк Иван Григорьевич, д.т.н., профессор
Ф.И.О.(полностью), степень, звание

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры

Протокол от 27.04. 2023 г. № 5

Заведующий кафедрой

И.Г. Русяк
27.04. 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану 01.04.04 «Прикладная математика» по программе «Разработка программного обеспечения и математических методов решения задач с использованием искусственного интеллекта»

Протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН
010000 «Математика и механика» от 11.05. 2023 г. № 3
код и наименование – полностью

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН

010000 «Математика и механика»

код и наименование – полностью

В.Г. Суфиянов
11.05. 2023 г.

Руководитель образовательной программы

К.В. Кетова
11.05. 2023 г.

Аннотация к дисциплине

Название дисциплины	Теория тепло и массообмена
Направление (специальность) подготовки	01.04.04 «Прикладная математика»
Направленность (профиль/программа/специализация)	«Разработка программного обеспечения и математических методов решения задач с использованием искусственного интеллекта»
Место дисциплины	Обязательная часть Блока 1 «Дисциплины (модули)»
Трудоемкость (з.е. / часы)	3 з.е., 108 часов
Цель изучения дисциплины	Усвоение студентами технологии математического моделирования и методов расчета тепловых режимов и процессов тепло и массообмена
Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины	ОПК-1. Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области прикладной математики
Содержание дисциплины (основные разделы и темы)	Формализация задач кондуктивного теплообмена Виды и типы граничных условий. Формализация задач конвективного теплообмена Виды и типы граничных условий. Формализация задач лучистого теплообмена Виды и типы граничных условий. Постановка задач сопряженного тепло и массообмена. Виды и типы граничных условий
Форма промежуточной аттестации	Зачет

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является усвоение студентами технологии математического моделирования и методов расчета тепловых режимов и процессов тепло и массообмена.

Задачи дисциплины:

- обучение практическим основам курса и методам расчета тепловых режимов и процессов тепло и массообмена;
- овладение методами решения практических задач и приобретения навыков самостоятельной научной деятельности.

2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы

Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п З	Знания
1.	Виды тепло и массообмена.
2.	Инструментальные средства и методы расчета тепловых режимов.
3.	Основы математического аппарата и методы расчета процессов тепло и массообмена.

Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п У	Умения
1.	Формализация задачи тепло и массообмена.
2.	Разработка схем моделирующих алгоритмов решения практических задач.
3.	Оценка точности результатов численного моделирования.

Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	Осуществление постановок задач тепло и массообмена систем и процессов.
2.	Применение моделирующих вычислительных алгоритмов с использованием собственного кода и пакетов прикладных программ.
3.	Проведение анализа и интерпретация результатов моделирования.

Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Компетенции	Индикаторы	Знания	Умения	Навыки
ОПК-1. Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области прикладной математики	ОПК-1.1. Знать: фундаментальные основы в формулировке и решении актуальных и значимых проблем прикладной математики	1,2,3		
	ОПК-1.2. Уметь: обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в профессиональной деятельности		1,2,3	
	ОПК-1.3. Владеть: навыками решения актуальных и значимых проблем прикладной математики			1,2,3

3. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин (модулей): Алгоритмы и структуры данных, Принципы построения математических моделей.

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): Прикладное программное обеспечение в механике сплошных сред, Методы оптимизации и теория оптимального управления.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации <i>(по семестрам)</i>	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы					Содержание самостоятельной работы
				контактная				СРС	
				лек	пр	лаб	КЧА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Задачи кондуктивного теплообмена	28	2	2	2	8	-	16	Защита лабораторной работы
2	Задачи конвективного теплообмена	28	2	2	2	8	-	16	Защита лабораторной работы
3	Задачи лучистого теплообмена	28	2	2	2	8	-	16	Защита лабораторной работы
4	Задачи сопряженного тепло и массообмена	22	2	2	2	-	-	18	Защита лабораторной работы
5	Зачет	2	2	—	—	—	0,3	1,7	Зачет выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости
	Итого:	108	2	8	8	24	0,3	67,7	

4.2. Содержание разделов курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма контроля
1	<i>Задачи кондуктивного теплообмена.</i> Постановка задачи. Разработка алгоритма решения задачи. Реализация кода на ЭВМ. Исследование различных режимов кондуктивного теплообмена.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	Защита лабораторной работы
2	<i>Задачи конвективного теплообмена.</i> Постановка задачи. Разработка алгоритма решения задачи. Реализация кода на ЭВМ. Исследование различных режимов конвективного теплообмена.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	Защита лабораторной работы
3	<i>Задачи лучистого теплообмена.</i> Постановка задачи. Разработка алгоритма решения задачи. Реализация кода на ЭВМ. Исследование различных режимов лучистого теплообмена.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	Защита лабораторной работы
4	<i>Задачи сопряженного тепло и массообмена.</i> Постановка задачи. Разработка алгоритма решения задачи. Реализация кода на ЭВМ. Исследование различных режимов лучистого теплообмена.	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	Защита лабораторной работы

4.3. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименования тем практических занятий	Трудоемкость (час)
1	3	Постановка и решение задач стационарного лучистого теплообмена.	4
2	4	Постановка и решение задач стационарного тепло и массообмена.	4
Всего			8

4.4. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование тем лабораторных работ	Трудоемкость (час)
1	1	Анализ нестационарного кондуктивного теплообмена через многослойную плоскую стенку.	8
2	2	Анализ нестационарного конвективного теплообмена в многослойной цилиндрической трубе.	8
3	1-4	Анализ эффективности тепловой защиты через многослойную оконную систему.	8
Всего			24

5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

Для контроля результатов освоения дисциплины проводится защита лабораторных работ.

Примечание: оценочные материалы (типовые варианты тестов) приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – зачет.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) Основная литература

1. Дерюгин В.В. Тепломассообмен: учебное пособие / В.В. Дерюгин, В.Ф. Васильев, В.М. Уляшева. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2019. – 244 с. – [Электронный ресурс] 978-5-9227-0690-2. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74378.html>.

2. Агеев М.А. Тепломассообменные процессы и установки промышленной теплотехники: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения / М. А. Агеев, А. Н. Мракин. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 229 с. – [Электронный ресурс] 978-5-4486-0115-6. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70284.html>.

б) Дополнительная литература

1. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива: [монография] / Губертов А.М. [и др.]; ред. Коротеев А.С. – М.: Машиностроение, 2018. – 511 с. (5 экз.).

2. Теплотехника: учебник для вузов / [В. Н. Луканин и др.]; под ред. В. Н. Луканина. – Изд.5-е, стер. – М.: Высшая школа, 2019. – 671 с. (11 экз.).

3. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов / Цветков, Ф.Ф., Григорьев, Б.А. – 3-е изд., стер. – М.: Изд-во МЭИ, 2019. – 548 с. (15 экз.).

в) перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks
<http://istu.ru/material/elektronno-bibliotechnaya-sistema-iprbooks>
2. Электронный каталог научной библиотеки ИжГТУ имени М.Т. Калашникова
Web ИРБИС http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS
3. Национальная электронная библиотека - <http://нэб.рф>.
4. Мировая цифровая библиотека - <http://www.wdl.org/ru/>
5. Международный индекс научного цитирования Web of Science – <http://webofscience.com>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

г) программное обеспечение

1. Microsoft Office Standard 2007.
2. Doctor Web Enterprise Suite (комплексная защита) + ЦУ (до 21.02.2021).
3. Среда программирования MS Visual Studio Community 2017.
4. Система компьютерной алгебры Maxima.

д) методические указания

1. Русяк И.Г. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теория тепло и массообмена» для студентов направления 01.04.04 «Прикладная математика». – Ижевск: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2021. –24 с. (Рег. номер МиЕН 1-19/2021).

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционные занятия.

Учебные аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

2. Практические занятия.

Учебные аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

3. Лабораторные работы.

Для лабораторных занятий используются аудитория №6-309, оснащенная следующим оборудованием: проектор, экран, компьютер/ноутбук

4. Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ИжГТУ имени М.Т. Калашникова:

- научная библиотека ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (ауд. 201 корпус № 1, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.7);
- помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 309, корпус №6, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.48).

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

Лист согласования рабочей программы дисциплины (модуля) на учебный год

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Теория тепло и массообмена»

по направлению подготовки

01.04.04 Прикладная математика»

код и наименование направления подготовки (специальности)

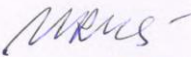
по направленности (профилю/программе/специализации)

«Разработка программного обеспечения и математических методов решения задач

с использованием искусственного интеллекта»

наименование направленности (профиля/программы/специализации)

согласована на ведение учебного процесса в учебном году:

Учебный год	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись и дата)
2023 – 2024	 27.04.2023
2024 – 2025	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Оценочные средства
по дисциплине
Теория тепло и массообмена
наименование – полностью

направление (специальность) 01.04.04 «Прикладная математика»
код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация) «Разработка программного обеспечения и
математических методов решения задач с использованием искусственного
интеллекта»
наименование – полностью

уровень образования: магистратура

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 3 зачетных единиц(ы)

1. Оценочные средства

Оценивание формирования компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины.

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций, представлены ниже.

№ п/п	Коды компетенции и индикаторов	Результат обучения (знания, умения и навыки)	Формы текущего и промежуточного контроля
1	ОПК-1.1. Знать: фундаментальные основы в формулировке и решении актуальных и значимых проблем прикладной математики	З1: виды тепло и массообмена З2: инструментальные средства и методы расчета тепловых режимов З3: основы математического аппарата и методы расчета процессов тепло и массообмена	Тест
2	ОПК-1.2. Уметь: обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в профессиональной деятельности	У1: формализация задачи тепло и массообмена У2: разработка схем моделирующих алгоритмов решения практических задач У3: оценка точности результатов численного моделирования	Защита лабораторной работы
3	ОПК-1.3. Владеть: навыками решения актуальных и значимых проблем прикладной математики	Н1: осуществление постановок задач тепло и массообмена систем и процессов Н2: применение моделирующих вычислительных алгоритмов с использованием собственного кода и пакетов прикладных программ Н3: проведение анализа и интерпретация результатов моделирования	Защита лабораторной работы

Типовые задания для оценивания формирования компетенций

Наименование: зачет

Представление в ФОС: перечень вопросов

Перечень вопросов для проведения зачета:

1 Законы Фурье и Фика. Вывод нестационарного уравнения теплопроводности в произвольной системе координат.

2 Запись уравнения теплопроводности в различных системах координат. Виды граничных условий.

3 Уравнения конвективного теплообмена. Приближение Эйлера. Постановка граничных условий.

4 Уравнения конвективного теплообмена. Приближение Рейнольдса. Постановка граничных условий.

5 Уравнения конвективного теплообмена. Приближение Навье-Стокса. Постановка граничных условий.

6 Лучистый теплообмен. Основные понятия и определения. Законы лучистого теплообмена. Постановка граничных условий.

7 Постановка сопряженных задач теплопроводности и конвекции. Уравнения теплообмена. Граничные условия.

8 Постановка задач в условиях сложного теплообмена. Основные уравнения. Постановка граничных условий.

9 Уравнения тепло и массообмена с учетом химических реакций. Система уравнений. Постановка граничных условий.

10 Постановка задачи тепло и массообмена с учетом вдува. Системы уравнений. Граничные условия.

Критерии оценки: приведены в разделе 2.

Наименование: тест.

Представление в ФОС: набор вопросов для проведения тестирования.

1. Уравнение, описывающее нестационарный теплообмен многослойной плоской стенки помещения имеет вид:

$$a) \ c(x)\rho(x)\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(x) \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \right];$$

$$б) \ -\lambda_k \frac{\partial T(\delta, t)}{\partial x} = \alpha_n [T(\delta, t) - T_n(t)];$$

$$в) \ -\lambda_1 \frac{\partial T(0, t)}{\partial x} = \alpha_b [T_b(t) - T(0, t)];$$

$$г) \ \frac{d}{dx} \left[\lambda(x) \frac{dT(x, t)}{dx} \right] = 0.$$

2. Под разностной схемой понимается:

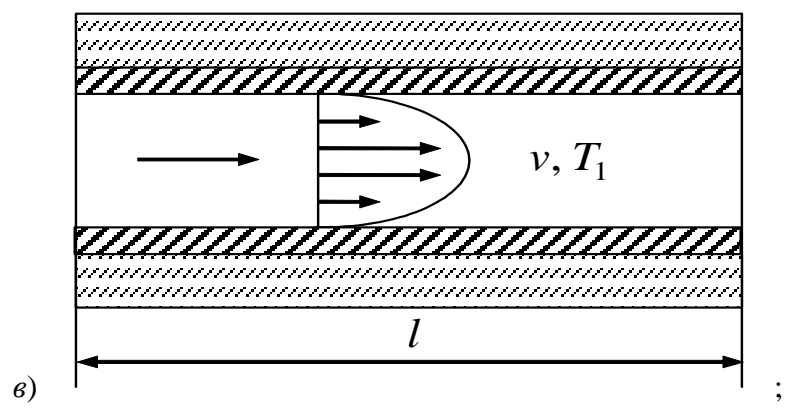
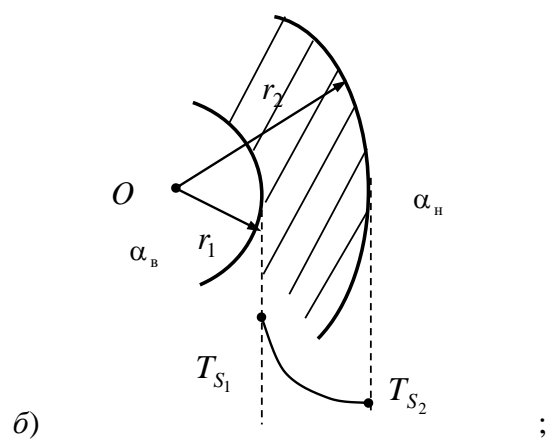
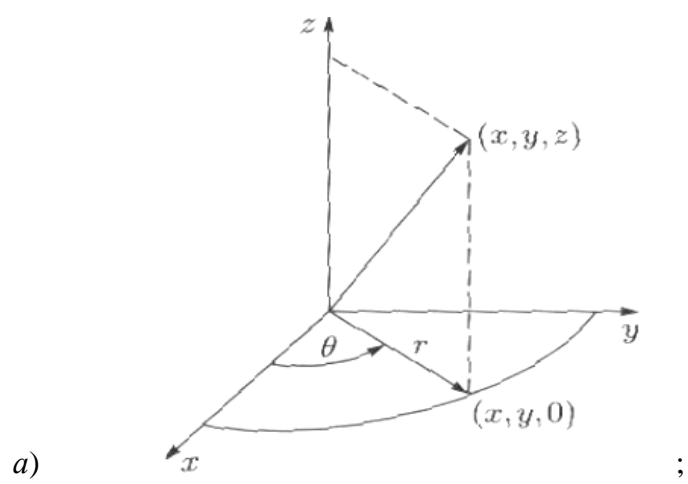
а) условие Дирихле, применённое к обыкновенным дифференциальным уравнениям или к дифференциальным уравнениям в частных производных, определяет поведение системы на границе области;

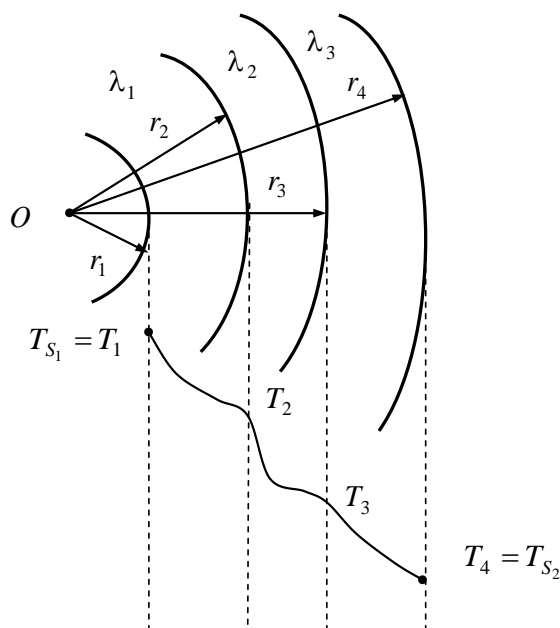
б) совокупность разностных уравнений, аппроксимирующих основное дифференциальное уравнение и дополнительные условия;

в) представляет собой систему линейных алгебраических уравнений с числом уравнений, равным числу неизвестных;

г) закон конвективного теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой;

3. Схема теплонесущей трубы имеет вид:





2)

4. Критическая толщина изоляции определяется из следующего условия:

$$a) (\delta_2)_{1,2} = 0,5 \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_3} \delta_3 + \frac{\lambda_2}{\alpha_H} - 2(r_2 + \delta_3) \right) \pm \sqrt{0,25 \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_3} \delta_3 + \frac{\lambda_2}{\alpha_H} - 2(r_2 + \delta_3) \right]^2 - \left[(r_2 + \delta_3)^2 - \frac{\lambda_2}{\lambda_3} \delta_3 (r_2 + \delta_3) - \frac{\lambda_2 r_2}{\alpha_H} \right]};$$

$$б) (c_T GT_B)_1 = (c_T GT_B)_2 + \int_0^z \frac{T_B(\xi) - T_H}{R_\Sigma} d\xi;$$

$$в) \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T_B - T_H} = - \int_0^{l_{yч}} \frac{dz}{c_T GR_\Sigma};$$

$$г) Q = \frac{T_B - T_H}{R_\Sigma}, \quad R_\Sigma(\delta_2) \rightarrow \min, \quad Q(\delta_2) \rightarrow \max.$$

5. Разностная схема Лаосонена является устойчивой при выполнении условия:

$$a) \ln \left(\frac{T_{B2} - T_H}{T_{B1} - T_H} \right) = - \frac{l_{yч}}{c_T GR_\Sigma}$$

$$б) \tau_k \leq 0,5 h_k^2 \frac{c_k \rho_k}{\lambda_k}, \quad \tau = \min_k \{ \tau_k \},$$

$$в) \frac{\partial \left(\lambda(r) r \frac{\partial T}{\partial r} \right)}{\partial r} = 0$$

$$г) T(r, 0) = \vartheta(r)$$

Ключи теста:

Вопрос	1	2	3	4	5
Ответ	а	б	в	г	б

Критерии оценки: приведены в разделе 2.

Наименование: защита лабораторных работ.

Представление в ФОС:

Исследовать нестационарные режимы теплообмена зданий с различными типами ограждающих конструкций. Определить характеристик нестационарного теплообмена.

Критерии оценки: Приведены в разделе 2.

2. Критерии и шкалы оценивания

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

Наименование, обозначение	Показатели выставления минимального количества баллов
Лабораторная работа	Лабораторная работа выполнена в полном объеме; Представлен отчет, содержащий необходимые расчеты, выводы, оформленный в соответствии с установленными требованиями; Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом при защите лабораторной работы, даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

Оценка	Набрано баллов
«зачтено»	80-100
«не зачтено»	40-80

Если сумма набранных баллов менее 40 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Если сумма баллов составляет от 40 до 80 баллов, обучающийся допускается до зачета.

Билет к зачету включает 1 теоретическое и 1 практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в письменной форме.

Время на подготовку: 60 минут.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе промежуточной аттестации используются следующие критерии и шкала оценки:

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценки</i>
«зачтено»	Обучающийся демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы, умеет применять его при выполнении конкретных заданий, предусмотренных программой дисциплины
«не зачтено»	Обучающийся демонстрирует значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение