МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.01 «Специальные вопросы научных исследований в теплоэнергетике»

Код и направление подготовки (специальность)	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Проектирование, эксплуатация и инжиниринг систем энергоснабжения
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Теплоэнергетический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Теоретические основы теплотехники и гидромеханика"
Кафедра-разработчик	кафедра "Теоретические основы теплотехники и гидромеханика"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	72 / 2
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

Самара 2025

Б1.В.ДВ.01.01 «Специальные вопросы научных исследований в теплоэнергетике»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 146 от 28.02.2018 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат технических наук, доцент	Е.В Котова
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)
Заведующий кафедрой	В.А. Кудинов, доктор физико-математических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	Н.В Маслобойникова, кандидат филологических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	В.А. Кудинов, доктор физико-математических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 5
4.2 Содержание лабораторных занятий 8
4.3 Содержание практических занятий 8
4.4. Содержание самостоятельной работы 10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 12
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 12
9. Методические материалы 12
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Универсальные компетенции			
	УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Знать способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки	Знать способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки
		УК-6.2 Уметь определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности	Уметь определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности
		УК-6.3 Владеть навыками управления собственной деятельностью	Владеть навыками управления собственной деятельностью

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
УК-6	Механика жидкости и газа	Организация и планирование технологических процессов; Педагогика и психология; Самоорганизация профессионального развития	Нормативно-правовое регулирование образовательной деятельности; Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	2 семестр часов / часов в электронной форме

Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	32	32
Лекции	16	16
Практические занятия	16	16
Внеаудиторная контактная работа, КСР	2	2
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	38	38
подготовка к зачету	10	10
подготовка к практическим занятиям	28	28
Итого: час	72	72
Итого: з.е.	2	2

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	8	0	8	21	37
2	Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	6	0	2	13	21
3	Задачи термоупругости для одно-слойных и многослойных конструк-ций с переменными физическими свойствами среды	2	0	6	4	12
	КСР	0	0	0	0	2
	Итого	16	0	16	38	72

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
2 семестр				

1	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Тема 1.1. Коэффициент теплопроводности – линейная функция координаты.	Совместное использование метода разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В.Канторовича, Бубнова – Галеркина). Математическая постановка задачи теплопроводности при линейной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Разложение искомой системы собственных функций краевой задачи Штурма – Лиувилля в тригонометрический ряд по косинусам. Дополнительные граничные условия.	2
2	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Тема 1.2. Задачи теплопроводности для многослойных конструкций.	Совместное использование метода разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок с использованием дополнительных граничных условий применительно к задаче теплопроводности для двухслойной бесконечно-протяженной пластины. Математическая постановка задачи для двухслойной бесконечно-протяженной пластины при граничных условиях 3-го рода. Реализация метода. Получение решения в аналитическом виде.	2
3	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Тема 1.3. Аналитические решения краевых задач Штурма – Лиувилля.	Реализация метода решения краевых задач, не связанного с использованием дополнительных граничных условий на примере решения краевой задачи теплопроводности для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода. Сравнительный анализ расчетных значений собственных чисел краевой задачи Штурма – Лиувилля с точными. Основные выводы по результатам исследования.	2
4	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Тема 1.4. Получение аналитических решений задач обратных задач теплопроводности.	Алгоритм решения обратной задачи теплопроводности, на основе решения прямой задачи для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода. Анализ полученных результатов.	2

5	Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	Тема 1.5. Аналитические решения задач теплопроводности на основе определения фронта температурного возмущения.	Обзор существующих классических аналитических, вариационных методов (Ритца, Треффтца, Л.В.Канторовича и др.), взвешенных невязок (ортогональный метод Бубнова – Галеркина, метод моментов, коллокаций и др.) решения краевых задач. Реализация метода решения задач теплопроводности на основе определения фронта температурного возмущения и дополнительных граничных условий, применительно к решению нестационарной задачи теплопроводности для неоднородной неограниченной пластины при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Сравнительный анализ результатов исследований.	2
6	Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	Тема 2.1. Использование ортогонального метода Л.В.Кан-торовича в задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Реализация ортогонального метода Л.В.Канторовича на примере решения задачи теплопроводности для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода с переменными физическими свойствами среды.	2
7	Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	Тема 2.2. Многослойная пластина с переменными в пределах каждого слоя физическими свойствами среды	Ортогональные методы взвешенных невязок применительно к расчетам задач теплопроводности для многослойных конструкций, основные трудности их реализации. Способ построения систем координатных функций, точно удовлетворяющих граничным условиям и условиям сопряжения, на примере решения задачи теплопроводности для трехслойной пластины. Получение решения в аналитическом виде. Анализ результатов.	2
8	Задачи термоупругости для одно-слойных и многослойных конструк-ций с переменными физическими свойствами среды	Тема 3.1. Задачи термоупругости для диска и цилиндра с переменными свойствами	Математическая постановка задачи термоупругости для тонкого круглого диска (плоское напряженное состояние). Реализация ортогонального метода Бубнова-Галеркина с использованием построения систем координатных функций применительно к решению задачи термоупругости для тонкого круглого диска с центральным отверстием, длинного полого цилиндра в случае его плоской деформации.	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.2 Содержание лабораторных занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	**Содержание практического занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
2 семестр				
1	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Метод разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В.Канторовича, Бубнова – Галерки-на) с использованием дополнительных граничных условий применительно к задаче теплопроводности при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты.	Математическая постановка задачи теплопроводности при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Решение краевой задачи Штурма – Лиувилля. Дополнительные граничные условия.	2
2	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Продолжение. Метод разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В.Канторовича, Бубнова – Галерки-на) с использованием дополнительных граничных условий применительно к задаче теплопроводности при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. (продолжение)	Математическая постановка задачи теплопроводности при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Решение краевой задачи Штурма – Лиувилля. Дополнительные граничные условия.	2
3	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Метод разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В.Канторовича, Бубнова – Галерки-на) с использованием дополнительных граничных условий применительно к задаче теплопроводности при линейной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты.	Математическая постановка задачи теплопроводности при линейной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Решение краевой задачи Штурма – Лиувилля. Дополнительные граничные условия.	2

4	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Метод разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В.Канторовича, Бубнова – Галерки-на) с использованием дополнительных граничных условий применительно к задаче теплопроводности при линейной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. (продолжение)	Математическая постановка задачи теплопроводности при линейной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Решение краевой задачи Штурма – Лиувилля. Дополнительные граничные условия.	2
5	Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	Метод разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В.Канторовича, Бубнова – Галеркина) с использованием дополнительных граничных условий применительно к задаче теплопроводности для двухслойной бесконечно-протяженной пластины	Математическая постановка задачи для двухслойной бесконечно-протяженной пластины при граничных условиях 3-го рода.	2
6	Задачи термоупругости для одно-слойных и многослойных конструк-ций с переменными физическими свойствами среды	Метод решения задач теплопроводности на основе определения фронта температурного возмущения и дополнительных граничных условий, применительно к решению неста-ционарной задачи теплопроводности для неоднородной неограниченной пластины при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты.	Математическая постановка задачи для неоднородной неограниченной пластины при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Сравнительный анализ результатов исследований.	2
7	Задачи термоупругости для одно-слойных и многослойных конструк-ций с переменными физическими свойствами среды	Ортогональный метод Л.В.Канторовича применительно к решению задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях первого рода с переменными физическими свойствами среды	Реализация ортогонального метода Л.В.Канторовича. Математическая постановка задачи теплопроводности для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода с переменными физическими свойствами среды.	2

8	Задачи термоупругости для одно-слойных и многослойных конструк-ций с переменными физическими свойствами среды	Ортогональный метод Л.В.Канторовича применительно к решению задачи теплопроводности для бесконечной пластины при граничных условиях первого рода с переменными физическими свойствами среды. (продолжение)	Реализация ортогонального метода Л.В.Канторовича. Математическая постановка задачи теплопроводности для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода с переменными физическими свойствами среды.	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	**Вид самостоятельной работы**	**Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов**
2 семестр			
Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	подготовка к практическим занятиям, выполнение соответствующих заданий	Математическая постановка задачи теплопроводности при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Решение краевой задачи Штурма – Лиувилля. Дополнительные граничные условия.	5
Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	подготовка к практическим занятиям, выполнение соответствующих заданий	Математическая постановка задачи для двухслойной бесконечно-протяженной пластины при граничных условиях 3-го рода.	5
Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	подготовка к практическим занятиям, выполнение соответствующих заданий	Математическая постановка задачи теплопроводности для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода. Сравнительный анализ расчетных значений собственных чисел краевой задачи Штурма – Лиувилля с точными.	8
Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	подготовка к зачету	Раздел 1	3

Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	подготовка к практическим занятиям, выполнение соответствующих заданий	Алгоритм решения обратной задачи теплопроводности	10
Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	подготовка к зачету	Раздел 2	3
Задачи термоупругости для одно-слойных и многослойных конструк-ций с переменными физическими свойствами среды	подготовка к зачету	Раздел 3	4
		Итого за семестр:	**38**
		Итого:	**38**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Кудинов, И.В. Аналитические методы решения краевых задач математической физики : моногр. / И. В. Кудинов ; ред. Э. М. Карташов; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2017.- 222 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||2638	Электронный ресурс
2	Теплопроводность и термоупругость в многослойных конструкциях / В. А. Кудинов [и др.]; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2006.- 304 с.	Книжный фонд
Дополнительная литература		
3	Аналитические решения задач теплопроводности и термоупругости с переменными физическими свойствами среды : учеб. пособие / И. В. Кудинов [и др.] ; ред. В. А. Кудинов; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2016.- 167 с.	Книжный фонд

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Mathcad	PTC (Отечественный)	Лицензионное
2	Microsoft Office	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	консультационный центр Matlab и Simulink	http://matlab.exponenta.ru	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

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, учебно-методические пособия, тематические иллюстрации.

Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебе-лью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ:

- читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус №8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки).
- аудитория 48, корпус 6.

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного

материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения

дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.ДВ.01.01 «Специальные вопросы научных исследований в теплоэнергетике»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.ДВ.01.01 «Специальные вопросы научных исследований в теплоэнергетике»

Код и направление подготовки (специальность)	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Проектирование, эксплуатация и инжиниринг систем энергоснабжения
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Теплоэнергетический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Теоретические основы теплотехники и гидромеханика"
Кафедра-разработчик	кафедра "Теоретические основы теплотехники и гидромеханика"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	72 / 2
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Универсальные компетенции			
	УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Знать способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки	Знать способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки
		УК-6.2 Уметь определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности	Уметь определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности
		УК-6.3 Владеть навыками управления собственной деятельностью	Владеть навыками управления собственной деятельностью

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код и индикатор достижения компетенции	Разделы		
	Дополнительные граничные условия в краевых задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	Ортогональные методы взвешенных невязок в задачах теплопроводности для однослойных и многослойных тел с переменными физическими свойствами среды	Задачи термоупругости для одно-слойных и многослойных конструк-ций с переменными физическими свойствами среды
	Наименование оценочного средства	Наименование оценочного средства	Наименование оценочного средства
З1 УК-6.1. **У1 УК-6.2.** **У2 УК-6.2.** **У3 УК-6.2.** **В1 УК-6.3.**	Конспекты тем практических занятий, вопросы к зачету	Конспекты тем практических занятий, вопросы к зачету	Конспекты тем практических занятий, вопросы к зачету

2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

2.1. Формы текущего контроля успеваемости

Текущая аттестация студента по дисциплине производится лектором в устанавливаемые учебным управлением сроки два раза в одном семестре. Учитываются посещения студентом лекций и результаты его работы на лабораторных, практических занятиях, а также выполнение студентами самостоятельной работы. Вид оценки при проведении текущей аттестации студента –зачет или незачет.

Подготовка к практическим занятиям

Подготовка ведется по теме Коэффициент теплопроводности - экспоненциальная функция координаты.

Методические указания. Следует ясно представлять математическую постановку задачи теплопроводности при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты. Изучить общую схему совместного применения метода разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В. Канторовича, Бубнова – Галеркина) с использованием дополнительных граничных условий и его реализацию с помощью пакета прикладных программ. Следует обратить внимание на термин «дополнительные граничные условия», изучить методику получения дополнительных граничных условий применительно к рассматриваемой задаче.

Подготовка ведется по теме Задачи теплопроводности для многослойных конструкций.

Методические указания. Следует ясно представлять математическую постановку задачи теплопроводности для двухслойной бесконечно-протяженной пластины при граничных условиях 3-го рода. Изучить общую схему совместного применения метода разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В. Канторовича, Бубнова – Галеркина) с использованием дополнительных граничных условий и его реализацию с помощью пакета прикладных программ. Следует обратить внимание на термин «дополнительные граничные условия», изучить методику получения дополнительных граничных условий применительно к рассматриваемой задаче.

Подготовка ведется по теме Аналитические решения краевых задач Штурма – Лиувилля.

Методические указания. Следует ясно представлять краевую задачу Штурма – Лиувилля. Изучить общую схему метода решения таких задач без применения дополнительных граничных условий и его реализацию на примере решения краевой задачи теплопроводности для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода с помощью пакета прикладных программ.

Подготовка ведется по теме Получение аналитических решений задач обратных задач теплопроводности

Следует ясно представлять термин «обратная задача». Изучить алгоритм решения обратной задачи теплопроводности, на основе решения прямой задачи для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода.

2.2. Формы промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по итогам обучения и проходит в форме зачета (включает в себя ответы на теоретические вопросы).

Вопросы к зачету

1. Совместное использование метода разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В. Канторовича, Бубнова – Галеркина). Реализация метода.

2. Математическая постановка задачи теплопроводности при линейной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты.

3. Дополнительные граничные условия. Методика получения дополнительных граничных условий. Физический смысл.

4. Математическая постановка задачи теплопроводности при экспоненциальной зависимости коэффициента теплопроводности от пространственной координаты.

5. Совместное использование метода разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок с использованием дополнительных граничных условий применительно к задаче теплопроводности для многослойных конструкций. Реализация метода.

6. Математическая постановка задачи для двухслойной бесконечно-протяженной пластины при граничных условиях 3-го рода.

7. Аналитические решения краевых задач Штурма – Лиувилля.

8. Сравнительный анализ расчетных значений собственных чисел краевой задачи Штурма –Лиувилля с точными. Основные выводы по результатам исследования.

9. Алгоритм решения обратной задачи теплопроводности, на основе решения прямой задачи для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода.

10. Классические аналитические, вариационные методы (Ритца, Треффтца, Л.В. Канторовича и др.), взвешенных невязок (ортогональный метод Бубнова – Галеркина, метод моментов, коллокаций и др.) решения краевых задач. Основные недостатки.

11. Реализация метода решения задач теплопроводности на основе определения фронта температурного возмущения и дополнительных граничных условий.

12. Сравнительный анализ применения метода решения задач теплопроводности на основе определения фронта температурного возмущения и дополнительных граничных условий и метода, основанного на совместном использовании метода разделения переменных и ортогональных методов взвешенных невязок (Л.В. Канторовича, Бубнова – Галеркина).

13. Общая схема ортогонального метода Л.В. Канторовича.

14. Ортогональный метод Л.В. Канторовича на примере решения задачи теплопроводности для бесконечной пластины при симметричных граничных условиях первого рода с переменными физическими свойствами среды.

15. Ортогональные методы взвешенных невязок применительно к расчетам задач теплопроводности для многослойных конструкций, основные трудности их реализации.

16. Способ построения систем координатных функций, точно удовлетворяющих граничным условиям и условиям сопряжения, на примере решения задачи теплопроводности для трехслойной пластины.

17. Алгоритм получения решения задачи теплопроводности для многослойной пластины на основе интегрального метода теплового баланса с использованием асимметричной единичной функции в области малых времен нестационарного процесса.

18. Ортогональный метод Л.В. Канторовича применительно к решению задач теплопроводности для многослойной пластины на этапе регулярного режима теплообмена.

19. Математическая постановка нелинейной задачи теплопроводности для многослойной пластины при граничных условиях первого рода.

20. Математическая постановка задачи термоупругости для тонкого круглого диска (плоское напряженное состояние).

21. Реализация ортогонального метода Бубнова-Галеркина с использованием построения систем координатных функций применительно к решению задачи термоупругости для тонкого круглого диска с центральным отверстием,

22. Реализация ортогонального метода Бубнова-Галеркина с использованием построения систем координатных функций применительно к решению задачи термоупругости для длинного полого цилиндра в случае его плоской деформации.

23. Математическая постановка квазистатической задачи термоупругости.

24. Метод получения решения задачи термоупругости для многослойного длинного полого цилиндра в случае его плоской деформации.

25. Применение ортогонального метода Бубнова – Галеркина и метода построения систем координатных функций, точно удовлетворяющих граничным условиям и условиям сопряжения, к задаче термоупругости для двухслойного полого цилиндра (плоская деформация) с переменными в пределах каждого слоя физическими свойствами среды.

Тесты по компетенциям

Дисциплина №21 Б1.В.ДВ.01.01 «Специальные вопросы научных исследований в теплоэнергетике»

(шифр и наименование дисциплины)

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы в РПД	Семестр
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки				
1.	**Выберите из представленных уравнений уравнение Лапласса** а) $\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ б) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$ в) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ г) $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial z} = 0$	Б	Аналитические решения краевых задач Штурма – Лиувилля.	2
2.	**Во многих тепловых процессах внутри тела могут действовать источники тепла. Эти внутренние источники могут быть положительные и отрицательные. Определите знак источника в следующих примерах: 1) нагревание тела электрическим током; 2) испарение влаги во влажном теле при его нагревании.** а) 1 - положительный; 2 – отрицательный б) 1 - отрицательный; 2 – положительный в) 1 - отрицательный; 2 – отрицательный г) 1 - положительный; 2 – положительный	А	Получение аналитических решений задач обратных задач теплопроводности.	2
3.	**Выберите из представленных уравнений одномерное уравнение теплопроводности** а) $\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ б) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ в) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$	А	Многослойная пластина с переменными в пределах каждого слоя физическими свойствами среды	2

	г) $\frac{\partial u}{\partial t} = a^2\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$			
4.	**Определите оператор Лапласса в сферической системе координат для трехмерной области (если температура зависит только от радиуса $T = T(r)$)** а) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$. б) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \varphi^2}\frac{\partial^2}{\partial z^2}$. в) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r}$. г) ни один из ответов не является верным	В	Использование ортогонального метода Л.В. Канторовича в задачах теплопроводности с переменными физическими свойствами среды	2
5.	**Уравнение теплопроводности относится к уравнениям…** а) эллиптического типа б) параболического типа в) гиперболического типа г) ни к какому из перечисленных выше	Б	Аналитические решения задач теплопроводности на основе определения фронта температурного возмущения.	2
6.	**Определите оператор Лапласса в цилиндрической системе координат для трехмерной области…** а) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ б) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \varphi^2}\frac{\partial^2}{\partial z^2}$ в) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r}$ г) Ни один ответ не является верным	Б	Задачи термоупругости для диска и цилиндра с переменными свойствами	2
7.	**Определите оператор Лапласса в декартовой системе координат для пространственной области** а) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ б) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial \varphi^2}\frac{\partial^2}{\partial z^2}$ в) $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r}$	А	Коэффициент теплопроводности – линейная функция координаты	2
8.	**Задачи с внутренними источниками теплоты делятся на два вида: 1) задачи с непрерывно действующими источниками тепла; 2) задачи с мгновенно действующими источниками тепла. К какому типу задач относится тепловая задача проводников, в которых произошло короткое замыкание, тело получает в какой – то момент времени t тепловой импульс?** а) 1 б) 2 в) 1,2 г) ни один из ответов не является верным	А	Задачи теплопроводности для многослойных конструкций.	2

9.	**Уравнение теплопроводности Фурье, описывающее нестационарное температурное поле в твердом теле имеет вид (** a **– коэффициент температуропроводности;** $T = T(x, y, z, t)$ **– температура тела в точке** $M(x, y, z)$ **в момент** t **,** Δ **– оператор Лапласса):** а) $\frac{\partial T}{\partial t} = a\Delta T$ б) $\frac{\partial T^2}{\partial t^2} = a\Delta T$ в) $\frac{\partial T^2}{\partial t^2} = a^2\Delta T$ г) Ни один ответ не является верным	Б	Аналитические решения задач теплопроводности на основе определения фронта температурного возмущения.	2
10	**В каком виде разыскивается решение дифференциального уравнения методом Фурье?** а) в виде суперпозиции волн б) в виде произведения функций, каждая из которых зависит только от одной переменной $u(x,t) = X(x) \cdot T(t)$ в) в виде суммы функций, каждая из которых зависит только от одной переменной $u(x,t) = X(x) + T(t)$ г) в виде суперпозиции стоячих волн	Б	Коэффициент теплопроводности – линейная функция координаты.	2

. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Учебная дисциплина формирует компетенции в соответствии с табл. 1, процедура оценивания представлена в табл. П1.3 и реализуется поэтапно:

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – индикаторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП. Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных индикаторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения (табл. П1.1 и П1.2).

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Таблица П1.3

Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений обучающихся
1.	Конспекты по темам практических занятий	Систематически, на практических занятиях, письменно.	Экспертный	Зачет/незачет	Рабочая книжка преподавателя.
2.	Зачет	По окончании семестра, устно.	Экспертный	Зачет/незачет	Зачетная ведомость, зачетные книжки.

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (индикаторов) представлены в карте компетенций ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Отчеты по лабораторным работам, конспекты лекций и РГР оцениваются: «зачет», «незачет».

Шкала оценивания

«Зачет» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций на 50% и более оценивается критериями не ниже «удовлетворительно». Выставляется, когда

обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

«Отлично» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций 80% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия критериев «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций.

«Хорошо» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций на 60% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно», допускается критерий «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций.

«Удовлетворительно» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций 40% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой.

«Неудовлетворительно», «незачет» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов компетенций менее чем 40% (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.