



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НР
Н.А. Кострикова
18.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины
программы подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре ФГБОУ ВО «КГТУ»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Группа научных специальностей
1.3. Физические науки

Научная специальность

1.3.14. ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

Отрасль науки: технические науки

Институт морских технологий, энергетики и строительства

РАЗРАБОТЧИК	Кафедра строительства
ВЕРСИЯ	1
ДАТА ВЫПУСКА	21.04.2023

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Экспериментальные методы исследования тепловых процессов» является формирование у обучающегося системы теоретических и практических знаний и навыков, необходимых в преподавательской деятельности аспиранта по основным образовательным программам высшего образования, а также обеспечивающих способность и готовность к проведению экспериментальных исследований различных тепловых процессов на модельных и натуральных объектах.

Задачами освоения дисциплины являются:

- освоение современных методов экспериментального определения основных показателей, характеризующих тепловые процессы;
- овладение навыками планирования и постановки экспериментального исследования тепловых процессов;
- готовность к организации и проведению экспериментального исследования тепловых процессов;
- готовность представлять результаты в форме отчетов, рефератов, публикаций и презентаций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «**Экспериментальные методы исследования тепловых процессов**» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры по научной специальности **1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»**. Является дисциплиной по выбору. Дисциплина направлена на подготовку аспирантов к научно-исследовательской деятельности, изучается на 3 курсе.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины «**Экспериментальные методы исследования тепловых процессов**» аспирант должен:

Знать:

- современные методы экспериментального определения основных показателей, характеризующих тепловые процессы;
- современные методы физического моделирования тепловых процессов
- методы планирования теплотехнического эксперимента;
- методы обработки экспериментальных данных и построения математических моделей по результатам экспериментального исследования;

- современные методы оценивания погрешностей результатов измерений.

Уметь:

- проводить анализ состояния экспериментальных исследований по выбранной теме;
- выбирать и обосновывать метод экспериментального исследования тепловых процессов;
- планировать эксперимент;
- обрабатывать результаты эксперимента;
- оценивать погрешность результатов экспериментального исследования;
- представлять результаты эксперимента для обсуждения;
- разрабатывать математические модели тепловых процессов на основе полученных экспериментальных данных.

Владеть:

- методами планирования теплотехнического эксперимента;
- методами обработки результатов измерений;
- методами построения математических моделей на основе результатов экспериментального исследования.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Погрешности измерений

Общие сведения об измерениях. Прямые косвенные и совокупные измерения. Понятие погрешности. Систематические и случайные погрешности. Принципы оценивания погрешностей. Методы оценивания систематической и случайной составляющих погрешности. Методы построения доверительных интервалов композиции неисключенной составляющей систематической и случайной составляющих погрешности.

Тема 2. Оптимизация теплотехнического эксперимента

Типовые статистические методы обработки экспериментальных данных. Свойства статистических оценок. Проверка статистических гипотез. Элементы планирования эксперимента. Характеристики объектов исследования и решаемых задач. Полные и дробные факторные эксперименты. Планирование экстремальных экспериментов. Планирование второго порядка.

Тема 3. Основы теплообмена

Основы теплопередачи, конвекции, излучения.

Тема 4. Методы физического моделирования

Классификация методов экспериментальных исследований. Электротепловая аналогия для задач теплопроводности. Электротепловая аналогия для задач конвективного теплообмена в трубах. Электродинамическая аналогия. Диффузное моделирование. Моделирование радиационного теплообмена.

Тема 5. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, плотности и концентрации

Измерение полей температуры в потоках жидкости и газа. Измерение температуры твердых тел. Зондовые методы измерения полей давления в потоках жидкости и газа. Зондовые методы измерения полей скорости. Бесконтактные методы измерения полей скорости. Методы исследования полей плотности и концентрации в потоках жидкости и газа и структуры двухфазных потоков.

Тема 6. Методы экспериментального исследования конвективного теплообмена

Создание и измерение стационарных тепловых потоков при электрическом обогреве. Создание и измерение тепловых потоков при жидкостном обогреве. Электронный обогрев. Определение тепловых потоков по измеренным температурам в стенке трубы. Тепломеры и датчики тепловых потоков. Определение тепловых потоков по измеренным полям температуры и скорости. Методы регулярного теплового режима. Измерение нестационарных тепловых потоков. Методы определения среднемассовых энтальпий, температуры и паросодержания при течении жидкости в трубах. Методы определения коэффициентов теплоотдачи. Методы исследования критических тепловых потоков при кипении жидкости. Методы местных и средних коэффициентов сопротивления трения. Методы определения характеристик массообмена.

Тема 7. Теплообмен в критической области

Критическое состояние вещества. Методические проблемы измерения коэффициента теплоотдачи и теплопередачи в критической области.

5. ОБЪЕМ (ТРУДОЕМКОСТЬ ОСВОЕНИЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (ЗЕТ), то есть 72 академических часа контактной работы (лекционных занятий, практических занятий) и 54 часа самостоятельной учебной работы аспиранта, связанной с текущей и промежуточной аттестацией по дисциплине. Изучается на 3 курсе.

Распределение трудоемкости освоения дисциплины по годам ОП, темам и видам учебной работы аспиранта приведено ниже.

Форма промежуточной аттестации – зачет, 3 год обучения.

Таблица 1 - Объем (трудоёмкость освоения) в очной форме обучения и структура дисциплины

Номер и наименование темы, вид учебной работы	Объем учебной работы, ч				
	Контактная работа			СР	Всего
	Лекции	ЛЗ	ПЗ		
Тема 1. Погрешности измерений	1	-	1	6	8
Тема 2. Оптимизация теплотехнического эксперимента	2	-	1	6	9

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ»

Номер и наименование темы, вид учебной работы	Объем учебной работы, ч				
	Контактная работа			СР	Всего
	Лекции	ЛЗ	ПЗ		
Тема 3. Основы теплообмена	2	-	-	6	8
Тема 4. Методы физического моделирования	2	-	1	8	11
Тема 5. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, плотности и концентрации	2	-	1	10	13
Тема 6. Методы экспериментального исследования конвективного теплообмена	2	-	1	10	13
Тема 7. Теплообмен в критической области	1	-	1	8	10
Учебные занятия	12	-	6	54	72
Промежуточная аттестация	зачет				
Итого по дисциплине					72

ЛЗ - лабораторные занятия, ПЗ – практические занятия, СР – самостоятельная работа

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Таблица 2 - Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практических занятий	Очная форма, ч.
1	Оценка погрешности результатов экспериментального определения коэффициента теплоотдачи.	1
2	Разработка плана экстремального эксперимента.	1
4	Постановка задачи и формулировка граничных условий исследования температурного поля электрографическим методом.	1
5	Критический анализ различных методов измерения температуры, разности температур, давления и перепада давления, расхода вещества.	1
5	Критический анализ методов измерения температуры поверхности и температурных полей. Тепловизионные измерения и методы обработки результатов тепловизионных измерений.	1
6	Критический анализ методов экспериментального исследования коэффициентов теплообмена	1
7	Анализ результатов экспериментального исследования коэффициентов теплообмена в критической и сверхкритической областях	1
Всего по дисциплине:		6

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Таблица 3 – Объем (трудоемкость освоения) и формы СР

№ п/п	Виды (содержание) СР	Кол-во часов	Формы контроля (аттестации)
-------	----------------------	--------------	-----------------------------

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ»

		Очная форма	
1	Погрешности измерений (Освоение учебного материала, подготовка к ПЗ, выполнение заданий по ПЗ)	6	Текущий контроль, опрос
2	Оптимизация теплотехнического эксперимента (Освоение учебного материала, подготовка к ПЗ, выполнение заданий по ПЗ)	6	Текущий контроль, опрос
3	Основы теплообмена (Освоение учебного материала, подготовка к ПЗ, выполнение заданий по ПЗ)	6	Текущий контроль, опрос
4	Методы физического моделирования (Освоение учебного материала, подготовка к ПЗ, выполнение заданий по ПЗ)	8	Текущий контроль, опрос
5	Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, плотности и концентрации (Освоение учебного материала, подготовка к ПЗ, выполнение заданий по ПЗ)	10	Текущий контроль, опрос
6	Методы экспериментального исследования конвективного теплообмена (Освоение учебного материала, подготовка к ПЗ, выполнение заданий по ПЗ)	10	Текущий контроль, опрос
7	Теплообмен в критической области (Освоение учебного материала, подготовка к ПЗ, выполнение заданий по ПЗ)	8	Текущий контроль, опрос
Итого		54	

Научно-исследовательские, творческие работы и рефераты не предусмотрены учебным планом.

8.УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТА

Основная учебная литература

1. Румянцев, А. В. Теория и практика теплофизического эксперимента : учеб.пособие / А. В. Румянцев. - Калининград : РГУ им. И Канта, 2011. - с. 69
2. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент : в 4 кн.Кн.2: Справ. / соавт.: Александров А.А., Белосельский Б.С., Вайнштейн А.Г. ; ред. Клименко А.В. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : МЭИ, 2001. - 564с.
3. Системы автоматизации теплофизического эксперимента : учеб. пособие / авт.: Виноградова, Н. А., Гайдученко, В. В., Карякин, А. И. ; ред. Свиридов, В. Г. - Москва : МЭИ, 2007. - 251 с.

Дополнительная учебная литература

1. Основы научных исследований и изобретательства : учеб. пособие / И. Б. Рыжков ; рец. : А. Л. Готман, Р. Ф. Абдрахманов. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. - 223 с.

2. Тепло-имассообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / авт. Аметистов Е.В. ; соавт.: Григорьев В.А., Емцов Б.Т. ; ред. Зорин В.М. - Москва : Энергоиздат, 1982. - 512с.

9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Информационные технологии

В ходе освоения дисциплины аспиранты используют возможности интерактивной коммуникации со всеми участниками и заинтересованными сторонами образовательного процесса, ресурсы и информационные технологии посредством электронной информационной образовательной среды университета. Аспирантам и научно-педагогическим работникам обеспечен доступ к ЭБС, наукометрическим базам данных и к полнотекстовым ресурсам, наукометрическим базам данных и к полнотекстовым ресурсам, справочно-правовой системе «ГАРАНТ», профессиональной справочной системе «Техэксперт».

Веб-сайты с электронными ресурсами по специальности:

1. Программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы: Консультант Плюс. Официальный сайт компании [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> свободный (дата посещения 24.01.2018).

2. Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата посещения 24.01.2018).

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата посещения 24.01.2018)

3. Электронно-библиотечная система издательства «Юрайт» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://https://biblio-online.ru/>, свободный (дата посещения 24.01.2018)

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения занятий по дисциплине «**Экспериментальные методы исследования тепловых процессов**», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам: учебные аудитории, оборудованные комплектом мебели; комплект проекционного мультимедийного оборудования; компьютеры с доступом к сети Интернет; читальный зал с информационными ресурсами на бумажных и электронных носителях, библиотекой, архивом диссертаций и авторефератов. офисная орг-

техника; электронные таблицы Excel MS Office; справочно-правовая система «ГАРАНТ», профессиональная справочная система «Техэксперт Для аудиторных занятий по дисциплине используется материально-техническая база кафедры строительства, учебного корпуса № 1 (г. Калининград, ул. Проф. Баранова, 43, УК № 1), ауд. 320Б - учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная аудитория укомплектована специализированной (учебной) мебелью - учебной доской, столом преподавателя, партами, стульями, мультимедийным оборудованием и компьютером с выходом в интернет. Последний оснащен программным обеспечением Microsoft, офисными приложениями, MS Office Standard 2010, MS Windows 7 Professional, получаемые по программе "Open Value Subscription" (license V0948021 дата окончания 31.01.2021). Программный комплекс AutoDesk для учебных заведений Education Master Suite: AutoCAD, AutoCAD Civil 3D (Договор #110001955026, Договор #110001703865, Договор #110001781500). Программа MathCAD 2015 (Лицензия 3A1843569 от 26.04.2013, бессрочная).

Для самостоятельной работы аспирантов используется помещение для самостоятельной работы по адресу г. Калининград, ул. Проф. Баранова, 43, УК № 1, каб. 422Б. Помещение оснащено столами и стульями, имеется 5 компьютеров с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, комплект лицензионного программного обеспечения. Типовое ПО на всех ПК: 1. Операционная система Windows XP (получаемая по программе Microsoft "Open Value Subscription" license V0948021 дата окончания 31.01.2021); 2. Офисное приложение MS Office 2010 (получаемое по программе Microsoft "Open Value Subscription" license V0948021 дата окончания 31.01.2021); 3. Kaspersky Endpoint Security (17E0-190201-091470-333-1032 до 2020-02-12); 4. Google Chrome (GNU); 5. Эффектон (договор №348 от 29 августа 2013). Программа составлена в соответствии с требованиями ФГТ с учетом рекомендаций и Примерной ОП ВО по научной специальности 1.3.14. «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Оценочные средства по дисциплине представляются в виде фонда оценочных средств (ФОС). Требования к структуре и содержанию ФОС по дисциплине определяются Положением по ФОС.

12. ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа аспирантов, консультирование по отдельным темам дисциплины.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет аспирантам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При подготовке лекционного материала преподаватель обязан руководствоваться рабочей программой по дисциплине. При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в вузе.

Практические занятия проводятся с целью приобретения навыков, необходимых в профессиональной деятельности аспиранта в области сохранения жизни и здоровья человека за моделирования систем и средств защиты информации.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности аспирантов, как в отсутствие преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь аспирантам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Преподавателю необходимо контролировать степень усвоения аспирантами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

13. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении дисциплины аспирант должен добросовестно посещать лекции и практические занятия.

Учебным планом предусмотрена самостоятельная работа аспирантов. Эта работа предполагает:

- изучение лекционного материала;
- подготовка к практическим занятиям;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов дисциплины по рекомендованной литературе и углубленную проработку некоторых тем, изложенных в лекциях;
- подготовка к промежуточному и текущему контролю.

Аспирант обязан в полном объеме использовать время самостоятельной работы, предусмотренное настоящей рабочей программой, для изучения соответствующих разделов дисциплины, и своевременно обращаться к преподавателю в случае возникновения затруднений при выполнении самостоятельной работы.

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы и распределение объема на нее определяется по темам дисциплины согласно тематическому плану рабочей программы.

14. СВЕДЕНИЯ О РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ И ЕЕ СОГЛАСОВАНИИ

Рабочая программа дисциплины «**Экспериментальные методы исследования тепловых процессов**» представляет собой образовательный компонент программы по подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности **1.3.14. «Теплофизика и теоретическая теплотехника»**.

Автор программы - А.А. Герасимов, д.т.н., профессор, профессор кафедры строительства.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры строительства (протокол № 6 от 21.04.2023 г.).

Заведующий кафедрой строительства

_____ к. т. н., доцент, И.А. Хомякова

Согласовано:

Начальник УПК ВНК

Н.Ю. Ключко

Заместитель директора по НиМД ИМТЭС

Е.С. Землякова