

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

## **ТЕПЛОФИЗИКА**

Направление подготовки:

**20.03.01 Техносферная безопасность**

Направленность:

**Риск-менеджмент в техносфере**

Квалификация выпускника:

**бакалавр**

**Кострома  
2023**

Рабочая программа дисциплины «Теплофизика» разработана в соответствии:

- Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденным Приказом Минобрнауки России от 25.05.2020. № 680 (Зарегистрировано в Минюсте России 06.07.2020. № 58837);
- Приказом Минобрнауки России от 26.11.2020. № 1456 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования» (Зарегистрировано в Минюсте России 27.05.2021. № 63650);
- с учебным планом направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, год начала подготовки 2023.

Разработал:	Куликов А.В.,	доцент кафедры автоматике и микропроцессорной техники, к.т.н., доцент.
Рецензенты:	Столяров А.С.,	заместитель директора департамента по труду и социальной защите населения Костромской области;
	Брюханов И.Ю.,	директор по рискам и правовому обеспечению АО «Костромской завод автокомпонентов».

#### ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры техносферной безопасности

Протокол заседания кафедры № 11 от 31.05.2023 г.

Заведующий кафедрой техносферной безопасности

Лустгартен Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### **Цель дисциплины:**

подготовить будущих специалистов по методам получения, преобразования, передачи и использования тепловой энергии для безопасной эксплуатации теплотехнического оборудования в различных отраслях производства.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить методы получения, преобразования, передачи и использования тепловой энергии для безопасной эксплуатации теплотехнического оборудования в различных отраслях производства.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

### **знать:**

- законы и основные физико-математические модели переноса теплоты применительно к промышленным установкам и системам;
- методы расчета тепловых процессов, их рациональную организацию;

### **уметь:**

- рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты;
- рассчитывать передаваемые тепловые потоки;

### **владеть:**

- основами расчета процессов теплопереноса в элементах промышленного оборудования, обработки и анализа экспериментальных данных;

### **освоить компетенции:**

**ОПК-1** Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к базовой части учебного плана, Б1. Изучается 5 семестре обучения. Для изучения дисциплины необходимы знания вопросов предшествующих изучаемых дисциплин – математика, физика.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	2
Общая трудоемкость в часах	72
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	32
Лекции	16
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	16
Самостоятельная работа в часах	39,75
ИКР	0,25
Форма промежуточной аттестации	Зачет

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	16
Зачет/зачеты	-
Экзамен/экзамены	-
ИКР	0,25
Всего	32,25

##### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

###### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			лекции	практические	лабораторные	
1	Раздел 1. Теплопроводность.	16	4	4	-	8
2	Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде.	16	4	4	-	8
3	Раздел 3. Теплообмен при фазовых превращениях.	16	4	4	-	8
4	Раздел 4. Теплообмен излучением.	16	4	4	-	8
	Подготовка к зачету				-	8
	Итого:	72	16	16	-	40

###### 5.2. Содержание

###### Раздел 1. Теплопроводность.

–Инвариантный блок: Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Передача тепла через плоскую стенку. Передача тепла через цилиндрическую стенку. Критический диаметр цилиндрической стенки. Пути интенсификации теплопередачи. Теплопроводность в стержне

(ребре) постоянного поперечного сечения. Пористое охлаждение пластины. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность при нестационарном режиме. Дифференциальное уравнение теплопроводности при нестационарном режиме. Критерии Био и Фурье. Моделирование процессов нагрева и охлаждения тел.

–Вариативный (профильный) блок: Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины. Зависимость процесса охлаждения (нагревания) от формы и размеров тела. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел. Приближенные методы расчета задач теплопроводности. Исследование процессов теплопроводности методом электротепловых аналогий.

## **Раздел 2. Конвективный теплообмен в однофазной среде.**

–Инвариантный блок: Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Условия подобия физических процессов. Критерии подобия (Нуссельта, Прандтля, Грасгофа, Рейнольдса) и критериальные уравнения. Метод анализа размерностей. Моделирование процессов конвективного теплообмена в среде системы инженерного анализа ANSYS 19.0. Характер течения вдоль поверхности. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Теплоотдача при турбулентном пограничном слое. Особенности движения и теплообмена в трубах. Теплоотдача при течении жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб..

–Вариативный (профильный) блок: Методы экспериментального определения коэффициентов теплоотдачи. Получение эмпирических критериальных уравнений. Теплоотдача при течении газа с большими скоростями. Теплоотдача жидких металлов. Теплоотдача при наличии в жидкости внутренних источников тепла.

## **Раздел 3. Теплообмен при фазовых превращениях.**

–Инвариантный блок: Основные положения теплообмена при конденсации чистых паров. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри труб. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара на горизонтальных одиночных трубах и пучках труб. Теплообмен при капельной конденсации пара. Теплоотдача при пузырьковом режиме кипения жидкости. Механизм теплообмена при пленочном режиме кипения жидкости.

–Вариативный (профильный) блок: Теплоотдача при ламинарном движении паровой пленки. Теплоотдача при турбулентном движении паровой пленки. Первый и второй кризисы кипения. Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду. Тепло- и массоотдача при конденсации пара из парогазовой смеси.

## **Раздел 4. Теплообмен излучением.**

–Инвариантный блок: Описание процесса. Виды лучистых потоков. Законы теплового излучения (Стефана - Больцмана, Планка, Кирхгофа). Методы исследования процессов лучистого теплообмена. Теплообмен излучением в системе тел с плоскопараллельными поверхностями. Коэффициент излучения твердых тел и методы его определения. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве. Приведенный коэффициент излучения.

–Вариативный (профильный) блок: Теплообмен излучением в замкнутой системе абсолютно черных или серых тел. Теплообмен излучением при наличии отражающих поверхностей. Особенности излучения газов и паров. Лучистый теплообмен в поглощающей среде. Сложный теплообмен.

## 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов является важным компонентом образовательного процесса, формирующим личность студента, его мировоззрение и культуру профессиональной деятельности, способствует развитию способности к самообучению и постоянного повышения своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа по курсу Теплофизика включает: самостоятельное изучение отдельных тем разделов; самостоятельную подготовку к лабораторным работам и практическим занятиям; самостоятельную подготовку к текущему контролю по каждому разделу, самостоятельную подготовку и выполнение рубежного тестирования по каждому разделу.

## 6.2. Тематика и задания для лабораторных занятий

Не предусмотрены

## 6.3. Тематика практических занятий

1. Виды теплоемкости, их взаимосвязь, теплоемкость газовых смесей.
2. Уравнение состояния идеального газа. Законы идеального газа.
3. Основные термодинамические процессы. Теплота, работа, изменение параметров в процессах.
4. Теплообмен теплопроводностью через плоскую и цилиндрическую стенки.
5. Расчет тепловой изоляции.
6. Теплоотдача при свободной конвекции.
7. Теплоотдача при вынужденной конвекции.
8. Теплообмен излучением.
9. Нестационарные процессы нагрева и охлаждения тел.

В лаборатории имеются необходимые для выполнения работ измерительные приборы, компьютеры для обработки результатов лабораторных опытов и выполнения лабораторных работ по моделированию тепломассообменных процессов в среде ANSYS, соответствующие тематические плакаты и методические пособия. Ряд стендов оснащен датчиками для автоматизированного ввода данных и обработки информации в среде LabVIEW 8.5 на ноутбуке с построением графических зависимостей в реальном масштабе времени.

## 7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для изучения дисциплины

№ п/п	Наименование	Количество/ссылка на электронный ресурс
<i>а) основная</i>		
1.	Физика (Теплофизика): Учеб.пособие / Лабейш В.Г., Павлов Е.П., Пискунов В.М. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 213 с.:	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486472">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486472</a>
2.	Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Каргашов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 424 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-905554-80-3	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486472">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486472</a>
<i>б) дополнительная:</i>		
3.	Архипов, В. Физико-химические основы процессов тепломассообмена : учебное пособие / В. Архипов ; Министерство образования и науки Российской	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442086">URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442086</a>

	Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 199 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. ; То же [Электронный ресурс]. -	
4.	Тепломассообмен: Учебное пособие/Кудинов А. А. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 375 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Обложка) ISBN 978-5-16-009965-1	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148</a>
5.	Каравайков Владимир Михайлович. Исследование термодинамических процессов в среде LabVIEW : учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 1 / Каравайков Владимир Михайлович, Н. В. Киселев, Д. В. Иванюк. - Кострома : КГТУ, 2008. - 92 с. - ISBN 978-5-8285-0427-5 : 3.97.	36
6.	Бородин Игорь Петрович. Основы молекулярной физики и термодинамики (с примерами решения задач) : учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1 / Бородин Игорь Петрович. - Кострома : КГТУ, 2014. - 83 с.: рис. - ISBN 978-5-8285-0669-6; 978-5-8285-0700-9 : 15.18.	33

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

*Информационно-образовательные ресурсы:*

1. open office. Org ;
2. <http://lib.mexmat.ru/books/79> ;
3. <http://www.uchites.ru/> [http://energetiki.net/knigi/gudravlika/53-mexanika-zhidkosti-i-ga-za-konspekty-lekciy-vi.html](http://energetiki.net/knigi/gudravlika/53-mexanika-zhidkosti-i-gaza-konspekty-lekciy-vi.html) ;
4. <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1231.html> ;
5. <http://www.liguidasmech.ru/content/view/6/1/> ;
6. [http://www.libedu.ru/nauka/fizika/mexanika\\_zhidkosti\\_i\\_gaza/](http://www.libedu.ru/nauka/fizika/mexanika_zhidkosti_i_gaza/) .
7. ANSYS 19.0 Academic Edition.

*Электронные библиотечные системы:*

1. ЭБС Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com>

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Корп. Б, ауд. 314 Аудитория для лабораторных и практических занятий. Лаборатория холодильных и климатических систем.	Число посадочных мест – 24. Число мест оборудованных компьютерами – 5 с выходом в интернет. Горка холодильная фруктовая UNIT 130 Ф. Комплект оборудования для ремонта холодильников. Комплект оборудования	Microsoft Office Стандартный 2007, Version: 12.0.6612.1000, Publisher: Microsoft Corporation, Install date: 2014-09-29. Open Office 4.1.1, Version:

	<p>для холодильной камеры «КС-Октябрь». Кондиционер мобильный HONEYWELL CHS071AE. Лабораторный стенд «Рабочие процессы поршневого компрессора». Тепловая завеса ВТЗ-6. Тепловизор FLUKE ТИОО. Типовой комплект учебного оборудования «Кондиционер» с блоком ввода неисправностей. Кондиционер LG G07NHT. Увлажнитель воздуха ультразвуковой Beurer LB 88. Холодильная витрина ФЛАГМАН-А 125 Н.</p> <p>Экспериментальные стенды по холодильному оборудованию. Экспериментальные стенды по термодинамике.</p> <p>Камера-эндоскоп REMS CamScope Сет 9-1. Термоанемометр Testo 405-V1 – 2 шт. Сплит-система Supra US410-12Н. Датчик влажности Dixell ХН20Р – 2 шт. Датчик Dixell NTC NG6P 1.5MT – 6 шт. Контроллер ЕКС 102D – 2 шт. Контроллер Dixell ХН240V – 2 шт. Контроллер ЕКС 202В. Пирометр АКПП-9303. Комплект манометров (МП2-Уф – 2 шт.; цифровой ДМ5002М-А – 1 шт.)</p>	<p>4.11.9775,          Publisher: Apache Software Foundation,          Install date: 2014-09-23.          PDF-Viewer, Version: 2.5.309.0,          Publisher:          Tracker Software Products Ltd,          Install date: 2014-09-23.          Embarcadero Delphi and C++Builder 2010 Database Pack,          Publisher: Embarcadero          Lazarus 1.2.4, Version: 1.2.4,          Publisher: Lazarus Team, Install date: 2014-10-02.          PascalABC.NET.          PTC Quality Agent, Version: 2.0.0.0, Publisher: PTC, Install date: 2014-09-24.          Python 2.6.6, Version:2.6.6150,          Publisher: Python Software Foundation, Install date:2014-09-24.</p>
<p>Читальный зал:          электронный зал, корп. Б1,          ауд. 202</p>	<p>128 индивидуальных рабочих мест, копировальный аппарат - 1шт.; ПК - 3шт.; экран и мультимедийный проектор - 1шт. Электронный читальный зал          Рабочие места, оснащенные ПК - 25шт.; демонстрационная LCD-панель - 1шт.; аудио 2.1 - 1шт.; принтеры в т.ч. большеформатный и цветной - 4шт.; сканеры (А2 и А4) - 2шт.; web-камеры - 3шт. микрофоны - 2шт.</p>	<p>АИБС MapkSQL - 3шт.          Windows XP SP3 -10шт. лицензия.          Windows 7 Pro лицензия 00180-912-906-507 постоянная-1шт.;          Windows 8 Pro лицензия 01802000875623 постоянная 1-шт.;          ABBYY FineReader 11,12 Pro - box лицензия -2шт.; АИБС MapkSQL - 25шт. лицензия.</p>