

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

**УТВЕРЖДЕНО**

решением Ученого совета инженерно-физического  
факультета высоких технологий  
от «21» мая 2024г, протокол № 10  
Председатель \_\_\_\_\_ /В.В.Рыбин/  
«21» мая 2024г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Теплотехника</b>
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра физических методов в прикладных исследованиях
Курс	4

Направление (специальность): 20.03.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль/специализация): Защита в чрезвычайных ситуациях

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Цынаева Екатерина Александровна	Кафедра физических методов в прикладных исследованиях	Доцент, Кандидат технических наук, Доцент

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Цели освоения дисциплины:**

формирование у студентов навыков исследования физических процессов, теоретических и практических умений применения основных законов теплотехники

### **Задачи освоения дисциплины:**

Освоить теоретические положения:

- о параметрах, описывающих состояния термодинамической системы;
- о способах описания состояния термодинамической системы и термодинамическом процессе;
- о химической реакции и химическом равновесии термодинамической системы;
- о методах анализа эффективности циклов тепловых установок;
- о видах теплопередачи и основных законах движения тепловых потоков;
- о классификации теплообменных аппаратов;
- об энергетических и экологических проблемах использования теплоты;

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Теплотехника» относится к числу дисциплин блока Б1.В.1.ДВ.03, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 20.03.01 Техносферная безопасность.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ПК-7, ПК-9.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Научно-исследовательская работа, Организация связи и оповещения в чрезвычайных ситуациях, Преддипломная практика, Менеджмент риска, Пожаровзрывозащита, Пожарная тактика, Организация службы и подготовки, Теплотехника, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Тактика единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Надзор и контроль в сфере безопасности, Управление техносферной безопасностью, Теория горения и взрыва, Пожарная подготовка, Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях, практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ**

## ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-9 способен осуществлять организацию системы обеспечения противопожарного режима в организации	<p><b>знать:</b> системы обеспечения противопожарного режима в организации</p> <p><b>уметь:</b> рассчитать системы обеспечения противопожарного режима в организации</p> <p><b>владеть:</b> методами осуществления организацию системы обеспечения противопожарного режима в организации</p>
ПК-7 способен осуществлять планирование пожарно-профилактической работы на объекте	<p><b>знать:</b> планирование пожарно-профилактической работы на объекте в соответствии с законами теплотехники</p> <p><b>уметь:</b> осуществлять планирование пожарно-профилактической работы на объекте в соответствии с законами теплотехники</p> <p><b>владеть:</b> методами осуществления планирование пожарно-профилактической работы на объекте в соответствии с законами теплотехники</p>

### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

**4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 2 ЗЕТ**

**4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 72 часа**

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		<b>7</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	36	36
Аудиторные занятия:	36	36
Лекции	18	18
Семинары и практические занятия	-	-
Лабораторные работы, практикумы	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование, Устный опрос	Тестирование, Устный опрос

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		7
1	2	3
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет (-18)	Зачет
Всего часов по дисциплине	72	72

### 4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Раздел 1. 1. Основные законы термодинамики</b>							
Тема 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	19	5	0	5	4	9	Тестирование, Устный опрос, Устный опрос
<b>Раздел 2. Термодинамические циклы</b>							
Тема 2.1. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ	17	4	0	4	4	9	Тестирование, Устный опрос, Устный опрос
<b>Раздел 3. Основные законы теплопередачи</b>							
Тема 3.1. Основные законы теплопередачи	19	5	0	5	6	9	Тестирование, Устный опрос, Устный опрос

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Раздел 4. Экологические проблемы</b>							
Тема 4.1. Экологические проблемы теплотехники	17	4	0	4	4	9	Тестирование, Устный опрос, Устный опрос
<b>Итого подлежит изучению</b>	72	18	0	18	18	36	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Раздел 1. 1. Основные законы термодинамики

#### Тема 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ. Основные понятия и определения. Термодинамическая система и рабочее тело. Газовые смеси. Параметры и функции состояния. Уравнения состояния. Основные начала термодинамики.

### Раздел 2. Термодинамические циклы

#### Тема 2.1. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Понятие о круговом процессе. Прямой и обратный цикл. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы реактивных двигателей, газотурбинных установок. Компрессоры. ВОДЯНОЙ ПАР. Термодинамические процессы с водяным паром. Диаграммы  $pV$ ,  $Ts$ ,  $sh$ . Циклы паросиловых установок (прямой и обратный). Влажный воздух, его свойства.  $H-D$  – диаграмма влажного воздуха. ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ. Термодинамическое равновесие. Состав топлив, химические реакции, тепловые эффекты. Низшая теплота сгорания топлив. Общая характеристика топлив. ОСНОВЫ ГОРЕНИЯ. ТОПЛИВО. Твердые, жидкие, газовые топлива. Моторные топлива для поршневых ДВС. Основные характеристики топлив. Реакции и продукты сгорания топлив. Рабочее тело тепловых ДВС.

### Раздел 3. Основные законы теплопередачи

#### Тема 3.1. Основные законы теплопередачи

ОСНОВЫ ТЕПЛООБМЕНА. Виды теплообмена. Основные законы переноса теплоты. Основные

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

законы переноса вещества. ОСНОВЫ МАССООБМЕНА. Диффузия с поверхности. Испарение воды в воздух. ТЕПЛООБМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА. Типы теплообменных аппаратов. Изменение температуры теплоносителей. Температурный напор. Коэффициент теплопередачи. Тепловая эффективность. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Регенеративные теплообменники.

#### **Раздел 4. Экологические проблемы**

##### **Тема 4.1. Экологические проблемы теплотехники**

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. Токсичность продуктов сгорания. Воздействие токсичных выбросов на человека и окружающую среду. Теплообмен в атмосфере и на поверхности Земли. Парниковый эффект.

### **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ**

Определение теплопроводности твердых материалов методом пластины при имитационном моделировании процесса теплообмена

Цели: Цель работы – определить теплопроводность фторопласта методом плоского слоя в зависимости от температуры, определить влияние на температурное поле внутренних источников теплоты и термических контактных сопротивлений.

Содержание: Теоретическое введение Исследование явления теплопроводности может быть сведено к изучению пространственно-временных изменений величин, характеризующих теплообмен. Совокупность значений температур во всех точках какого-то тела в данный момент времени  $\vartheta$  называется температурным полем этого тела. Температурное поле в декартовой системе координат задается уравнением вида

Результаты: Заполнить протокол эксперимента и таблицу

Ссылка: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=152391&idb=1](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=152391&idb=1)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА**

Цели: Цель работы – экспериментально определить коэффициент излучения электропроводящего материала в зависимости от температуры и характеристик поверхностей (шероховатости и степени окисления).

Содержание: Процесс распространения электромагнитных волн, испускаемых телом в некоторой области пространства, совершенно не зависит от температуры окружающей среды. В этом его главное отличие от теплового потока теплопроводности и конвекции, возникновение которых связано с градиентом (перепадом) температуры. Многие твердые и жидкие вещества излучают энергию всех длин волн, т. е. имеют сплошной спектр излучения с  $\lambda$  от 0 до  $\infty$ . К таким телам относятся материалы с окисленной шероховатой поверхностью. Диэлектрики (непроводники электричества) и полупроводники с кристаллической структурой имеют четкие линии излучения и поглощения. Чистые металлы с полированной поверхностью, газы и пары излучают энергию

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

дискретно в определенных интервалах длин волн, т. е. имеют прерывистый спектр. Процессы излучения и поглощения протекают, как правило, в тонких поверхностных слоях. Интенсивность излучения зависит от природы тела, его теплового состояния (температуры), длины волны, состояния поверхности, а для газов и паров еще и от толщины слоя и давления, так как их излучение и поглощение осуществляются всеми частицами объема вещества. Процесс лучистого теплообмена между телами – это процесс превращения тепловой энергии в лучистую, и обратно. Лучеиспускание свойственно всем телам при температурах, отличных от абсолютного нуля. Количество энергии излучения  $Q$ , Вт, передаваемое в единицу времени через произвольную поверхность, называется потоком излучения (различают монохроматический и интегральный потоки излучения). Из энергии излучения  $Q_0$ , которая падает на тело в результате излучения других тел, часть  $Q_A$  поглощается телом, часть  $Q_R$  отражается, часть  $Q_D$  проходит сквозь него

Результаты: Определяется коэффициент облучения  $C_1$ , заполнить протокол эксперимента и результаты обработки данных, Строятся графики зависимостей коэффициентов излучения и степени черноты поверхности вольфрамовой проволоки от температуры, Строится график зависимости коэффициента излучения меди в зависимости от качества излучающих поверхностей

Ссылка: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=168347&idb=1](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=168347&idb=1)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ ОКОЛО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЦИЛИНДРА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА

Цели: Цель работы – экспериментально определить коэффициент теплоотдачи на поверхности горизонтально расположенного цилиндра при естественной конвекции в неограниченном пространстве и сопоставить результаты опытов с расчетными данными.

Содержание: Конвективный теплообмен – процесс переноса тепла при перемещении макрочастиц жидкости или газа относительно поверхности твердого тела. Различают вынужденную и свободную (естественную) конвекцию. Вынужденное движение жидкости реализуется за счет сил давления, которые создаются принудительно, например насосом компрессора или набегающим потоком газа. Естественная конвекция создается в поле внешних массовых сил, имеющих различную природу: гравитационные и электромагнитные поля, центробежные или кориолисовы силы и т. д. В частном случае внешние массовые силы могут быть обусловлены гравитационным полем Земли. В данном случае свободную конвекцию принято называть тепловой гравитационной конвекцией. Гравитационное поле Земли оказывает влияние на движение жидкости только при наличии свободных поверхностей или неоднородного распределения плотности жидкости. При отсутствии свободных поверхностей и однородном распределении плотности жидкости или газа сила тяжести, действующая на элемент объема среды, уравнивается архимедовой силой выталкивания, и свободная конвекция не возникает. В общем случае при неоднородном распределении плотности жидкости сила тяжести не уравнивается архимедовой силой. В отличие от вынужденных конвективных течений, обусловленных внешними причинами, свободные (или естественные) конвективные течения возникают исключительно под действием неравномерности плотности жидкости или газа.

Результаты: В логарифмических координатах строится известная зависимость  $\lg Nu_f = f[\lg(Gr Pr)]$  для среднего (по контуру поперечного сечения трубы) значения критерия Нуссельта (3.11). На зависимость наносятся соответствующие экспериментальные значения.

Ссылка: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=168347&idb=1](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=168347&idb=1)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ ОКОЛО ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛИНДРА В АТМОСФЕРЕ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

**Цели:** Цель работы – экспериментально определить локальный коэффициент теплоотдачи вдоль вертикальной поверхности, обобщить результаты в виде критериальных зависимостей с последующим сопоставлением с расчетными формулами и оценить влияние различных газовых сред на характер течения в пограничном слое.

**Содержание:** Теоретическое введение Конвективным теплообменом называется процесс переноса теплоты при макроперемещении жидкости или газа относительно твердой поверхности. Различается конвективный теплообмен при вынужденной и свободной конвекции. Вынужденная конвекция осуществляется при перемещении объемов жидкости или газа под действием сил давления, которое обеспечивается принудительно посредством компрессора или набегающего потока. Свободная конвекция осуществляется в поле внешних массовых сил различной природы: гравитационных, электромагнитных, центробежных и т. д. В случае свободной конвекции в поле гравитационных сил движение среды у твердой поверхности происходит за счет разности плотностей различных частей среды, обусловленной разностью температур. Если в среду газа или жидкости ввести тело с отличной от среды температурой, то происходит нарушение равновесного состояния среды. Возникающая температурная неравномерность обуславливает неоднородность плотности среды около тела, что приводит под действием гравитации к возникновению подъемных сил и конвекции среды у поверхности тела. Действие внешних массовых сил при свободной конвекции учитывается выражением

**Результаты:** Строится график зависимости коэффициента теплоотдачи вдоль вертикальной стенки  $\alpha_i = f(x_i)$

Ссылка: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=168347&idb=1](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=168347&idb=1)

#### ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АДИАБАТНОГО ИСТЕЧЕНИЯ ГАЗА ЧЕРЕЗ СУЖАЮЩЕЕСЯ СОПЛО ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

**Цели:** Цель работы – экспериментальное и теоретическое исследование термодинамических характеристик процесса истечения газа из сужающегося сопла.

**Содержание:** Теоретическое введение Термодинамическое исследование процессов движения газа по каналам имеет большое практическое значение. Основные положения теории истечения газов позволяют рассчитать проточную часть паровых и газовых турбин, реактивных двигателей, центробежных и осевых компрессоров и многих других узлов. Основными упрощениями, при которых строится термодинамическая теория газового потока, являются:  $\alpha$  стационарность потока: параметры потока не меняются во времени, отсюда вытекает постоянство массового расхода газа  $G = \rho v F = \text{const}$ ;  $\beta$  отсутствие трения о стенки канала и теплообмена с внешней средой, т. е. течение адиабатное  $ds = 0$ ;  $\gamma$  течение одномерное  $dW/dr = 0$  и меняется только вдоль канала:  $W = W(x)$ ;  $\delta$  газ идеальный и теплоемкость его постоянна  $c_p = \text{const}$  (или  $c_v = \text{const}$ );  $\epsilon$  потенциальная энергия постоянна:  $gdh = 0$ ;  $\zeta = 0$  так как канал закреплен. Процессы течения описываются следующими уравнениями: 1. Уравнение неразрывности газового потока  $G = F v = U = \text{const}$ , (5.1) где  $F$  – площадь поперечного сечения канала;  $W$  – скорость потока;  $U$  – удельный объем газа.

**Результаты:** Строятся графики зависимостей  $W_g = f(\beta)$  и  $G_g = f(\beta)$ , а также  $(P_2/P_1) = f(\beta)$ , по которым находится критическое отношение давлений  $\beta_k$ . Найденное значение  $\beta_k$  сравнивается с расчетным (5.11)

Ссылка: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=168347&idb=1](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=168347&idb=1)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ ДВИЖЕНИИ ВОЗДУХА В ТРУБЕ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА

**Цели:** Цель работы – экспериментально определить локальные и средние по длине трубы значения коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе при равных скоростях движения и сопоставить результаты опытов с известными критериальными зависимостями.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Содержание: Теоретическое введение Рабочие процессы в различных теплообменных устройствах, как правило, основаны на конвективном теплообмене между твердой поверхностью тела и омывающей его жидкостью (или газом). При этом интенсивность теплообмена зависит, в первую очередь, от разности температур жидкости и поверхности (температурного напора), а также от гидродинамических условий обтекания поверхности и теплофизических свойств жидкости. Для расчета теплового потока обычно используют формулу Ньютона, согласно которой плотность теплового потока пропорциональна температурному напору:  $q = \alpha (T_f - T_w)$ , (6.1) где  $q$  – плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $T_f$  – температура жидкости вдали от стенки, К;  $T_w$  – температура поверхности теплообмена (стенки), К. Современные методы расчета конвективного теплообмена при вынужденном течении основываются на теории пограничного слоя. В непосредственной близости стенки теплота передается только теплопроводностью. Тогда в соответствии с теоремой Фурье  $q = -\lambda \frac{dT}{dx}$ . (6.2) где  $\lambda$  – теплопроводность жидкости;  $x$  – координата, отсчитываемая от нормали к изотермической поверхности.

Результаты: Рассчитывается критерий Нуссельта по формуле, полученной на основе гидродинамической теории теплообмена:  $Nu_f = 0.43 Re Pr^{1/4} f^{1/4}$  расч  $Nu_f$  расч сопоставляются с полученным в эксперименте  $Nu_f$ . Результаты расчетов записываются в протокол

Ссылка: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=168347&idb=1](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=168347&idb=1)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Цели: Цель работы – с помощью численного эксперимента определить зависимость тепловой мощности теплообменного аппарата от схемы включения, вида теплоносителя, геометрических и режимных параметров; определить коэффициент теплопередачи в зависимости от режимных параметров, коэффициент теплоотдачи по одному из теплоносителей методом теплообменника, а также зависимость тепловой мощности аппарата, коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи от геометрических параметров турбулизаторов.

Содержание: Теплообменные аппараты используются для передачи тепла от одного теплоносителя к другому. Теплоноситель, имеющий более высокую температуру и отдающий тепло, называется горячим; теплоноситель, обладающий более низкой температурой и воспринимающий тепло, – холодным. Все теплообменные аппараты по способу передачи тепла могут быть разделены на две большие группы: поверхностные и контактные (рис. 7.1). В поверхностных аппаратах теплоносители отделены друг от друга твердой стенкой (такие аппараты называются рекуперативными) либо поочередно контактируют с одной и той же стенкой (такие аппараты называются регенеративными). Эту стенку (поверхность) называют поверхностью теплообмена. Теплообменные аппараты Поверхностные Контактные Рекуперативные Регенеративные Смесительные Барботажные Рис. 7.1. Классификация теплообменных аппаратов В рекуперативном аппарате одна сторона поверхности теплообмена все время омывается горячим теплоносителем, другая – холодным.

Результаты: Расчет коэффициентов подобия

Ссылка: [http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=168347&idb=1](http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=168347&idb=1)

## 8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

### 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Теплофизика как наука, история ее возникновения и современное состояние. Понятия термодинамической системы и термодинамического процесса.
2. Термические параметры: температура, давление, плотность. Приборы и методы измерения температуры и давления.
3. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа.
- 4.
5. Основные газовые законы. Изопроцессы.
6. Газовые смеси.
- 7.
8. Внутренняя энергия и энтальпия.
9. Работа и теплота.
- 10.
11. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры. Теплоемкость газовой смеси.
- 12.
13. Теплоемкость идеального газа. Закон равнораспределения.
14. Взаимодействие термодинамической системы с окружающей средой. Первое начало термодинамики для закрытой системы.
- 15.
16. Применение первого начала термодинамики к основным термодинамическим процессам.
- 17.
18. Первое начало термодинамики для открытой системы.
- 19.
20. Первое начало термодинамики для потока.
- 21.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

22. Равновесные термодинамические процессы и их обратимость. Циклы прямые и обратные.
- 23.
24. Политропный процесс. Работа, внутренняя энергии и теплота политропного процесса.
25. Исследование политропного процесса. Изопрцессы как частные случаи политропного процесса.
- 26.
27. Цикл Карно.
- 28.
29. Энтропия. Изменение энтропии в процессах.
30. Энтропия и термодинамическая вероятность. Статистический смысл второго начала термодинамики.
- 31.
32. Ts-диаграмма для идеального газа. Изображение на Ts-диаграмме основных термодинамических процессов.
- 33.
34. Цикл Карно на Ts-диаграмме. Обобщенный Цикл Карно.
- 35.
36. Дифференциальное уравнение внутренней энергии.
- 37.
38. Дифференциальное уравнение энтальпии.
- 39.
40. Ts-диаграмма пара. Процессы изменения состояния пара в  $p$ - и Ts-диаграммах.
41.  $h$ s-диаграмма пара. Процессы изменения состояния пара в  $p$ - и  $h$ s-диаграммах.
- 42.
43. Водяной пар. Таблицы и диаграммы водяного пара.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

44. Влажный воздух.

45. Основные термодинамические процессы в одноступенчатом компрессоре. Работа и мощность на привод компрессора.

46.

47. Многоступенчатый компрессор.

48. Детандеры.

49.

50. Двигатели внутреннего сгорания. Цикл двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты.

51.

52. Двигатели внутреннего сгорания. Цикл двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объеме.

53.

54. Двигатели внутреннего сгорания. Цикл двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном давлении.

55.

56. Газотурбинные установки. Цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении.

57.

58. Газотурбинные установки. Цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном объеме.

59.

60. Методы повышения термического КПД газотурбинных установок.

61.

62. Бескомпрессорные воздушно-реактивные двигатели.

63.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

64. Цикл Ренкина.
- 65.
66. Теплофикационный цикл.
- 67.
68. Цикл теплового насоса.
- 69.
70. Цикл холодильной машины абсорбционного типа.
71. Виды теплообмена.
72. Основные понятия и термины теплообмена (количество теплоты, тепловой поток, плотность теплового потока, температурный градиент).
- 73.
74. Формулы для теплового и массового потоков при теплоотдаче и массоотдаче.
- 75.
76. Основные законы теплообмена излучением.
77. Теплоотдача при свободном движении в гравитационном поле массовых сил.
- 78.
79. Содержание и математическая формулировка задачи теплопроводности.
- 80.
81. Теплоотдача при свободном движении в инерционном поле массовых сил.
- 82.
83. Содержание и математическая формулировка задачи теплоотдачи.
- 84.
85. Теплоотдача в криволинейных каналах и змеевиках.
- 86.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

87. Дифференциальное уравнение теплоотдачи.
- 88.
89. Дополнительное условие подобия потоков при движении газа с большой скоростью.
- 90.
91. Методы решения задачи теплоотдачи.
92. Особенности процесса теплоотдачи при движении газа с большой скоростью.
- 93.
94. Теплоотдача: физика явления, факторы, оказывающие влияние на интенсивность теплоотдачи.
- 95.
96. Формулы для расчета тепловых потоков при движении газа с большой скоростью.
- 97.
98. Теплопроводность плоской многослойной стенки. Формула для теплового потока.
- 99.
100. Результаты исследования теплоотдачи при движении газа с большой скоростью.
- 101.
102. Теплоотдача через плоскую многослойную стенку. Формула для теплового потока.
- 103.
104. Теплопроводность цилиндрической стенки. Формула для теплового потока.
- 105.
106. Теплоотдача через цилиндрическую стенку. Формула для теплового потока.
- 107.
108. Теплоотдача через ребристую стенку.
- 109.

110. Виды теплообменных аппаратов.

111. Токсичность продуктов сгорания. Воздействие токсичных выбросов на человека и окружающую среду.

112. Теплообмен в атмосфере и на поверхности Земли. Парниковый эффект.

113. Парниковый эффект.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

*Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).*

*По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица*

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
<b>Раздел 1. 1. Основные законы термодинамики</b>			
Тема 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	9	Тестирование, Устный опрос
<b>Раздел 2. Термодинамические циклы</b>			
Тема 2.1. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	9	Тестирование, Устный опрос
<b>Раздел 3. Основные законы теплопередачи</b>			
Тема 3.1. Основные законы теплопередачи	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	9	Тестирование, Устный опрос

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
<b>Раздел 4. Экологические проблемы</b>			
Тема 4.1. Экологические проблемы теплотехники	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	9	Тестирование, Устный опрос

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Смирнова Марина Васильевна. Теоретические основы теплотехники : Учебное пособие для вузов / М.В. Смирнова. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2021. - 237 с. - (Высшее образование). - <https://urait.ru/bcode/476502>. - <https://urait.ru/book/cover/07203F10-A9C6-4640-B17E-C8274F9A1CC2>. - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-13322-6 : 729.00. / .— ISBN 0\_271623

2. Шапошников В. В. Теплотехника : учеб. пособие / В. В. Шапошников, Ю. В. Королева, Б. П. Колесников ; Шапошников В. В., Королева Ю. В., Колесников Б. П. - Краснодар : КубГТУ, 2022. - 291 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции КубГТУ - Инженерно-технические науки. - <https://e.lanbook.com/book/318959>. - <https://e.lanbook.com/img/cover/book/318959.jpg>. - Режим доступа: ЭБС "Лань"; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-8333-1146-2. / .— ISBN 0\_507309

3. Ерофеев Валентин Леонидович. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для вузов / В.Л. Ерофеев, А.С. Пряхин, П.Д. Семенов ; В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. - Москва : Юрайт, 2023. - 308 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/511615> . - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-01738-0 : 1229.00. / .— ISBN 0\_497370

4. Ерофеев Валентин Леонидович. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты : учебник для вузов / В.Л. Ерофеев, А.С. Пряхин, П.Д. Семенов ; В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. - Москва : Юрайт, 2023. - 199 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/512573> . - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-01850-9 : 859.00. / .— ISBN 0\_492157

### дополнительная

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Калекин Вячеслав Степанович. Гидравлика и теплотехника : учебное пособие для вузов / В.С. Калекин, С.Н. Михайлец ; В. С. Калекин, С. Н. Михайлец. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2023. - 318 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/518263> . - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-11738-7 : 1259.00. / .— ISBN 0\_496577

2. Наседкина Юлия Федоровна. Теплотехника : учеб.-метод. пособие / Ю.Ф. Наседкина ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. физ. методов в прикл. исслед. - Ульяновск : УлГУ, 2013. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 3,44 МБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/537>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_1767

3. Расчет тепловых процессов и установок в примерах и задачах : практикум / В. В. Шалай, А. Г. Михайлов, П. А. Батраков [и др.] ; В. В. Шалай, А. Г. Михайлов, П. А. Батраков [и др.]. - Омск : Омский государственный технический университет, 2015. - 120 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/58098.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-8149-2126-0. / .— ISBN 0\_135441

4. Тепловые установки и основы теплотехники : лабораторный практикум / Н. П. Кудеярова, И. Н. Борисов, Д. В. Смаль, С. А. Перескок ; Н. П. Кудеярова, И. Н. Борисов, Д. В. Смаль, С. А. Перескок. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. - 95 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/80525.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 2227-8397. / .— ISBN 0\_146273

#### **учебно-методическая**

1. Цынаева Е. А. Теплотехника : методические указания для самостоятельной работы студентов направления 20.03.01 Техносферная безопасность Профиль – пожарная безопасность, Профиль – защита в чрезвычайных ситуациях / Е. А. Цынаева ; УлГУ, ИФФВТ. - 2023. - Неопубликованный ресурс. - URL:<http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/15408>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_520106.

2. Наседкина Ю. Ф. Теплотехника : учеб.-метод. пособие / Ю. Ф. Наседкина ; УлГУ. - Ульяновск : УлГУ, 2008. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 4,26 Мб). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/764>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0\_1207.

#### **б) Программное обеспечение**

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"

#### **в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

## 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

**3. eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» :** электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование :** федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

**6. Электронная библиотечная система УлГУ :** модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника
- Автоматизированное рабочее место студента (с ПЭВМ)
- Вакуумный универсальный пост 5
- Прибор Е7-12
- Барометр БТК-СМ-14

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Рабочая программа дисциплины		

Разработчик	Доцент, Кандидат технических наук, Доцент	Цынаева Екатерина Александровна
	Должность, ученая степень, звание	ФИО