



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИСАиИ  
О.С. Логунова

02.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ (ТЕХНИЧЕСКАЯ  
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССОБМЕН)***

Направление подготовки (специальность)  
08.03.01 Строительство

Направленность (профиль/специализация) программы  
Теплогасоснабжение и вентиляция

Уровень высшего образования - бакалавриат

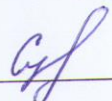
Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт строительства, архитектуры и искусства
Кафедра	Урбанистики и инженерных систем
Курс	3
Семестр	5

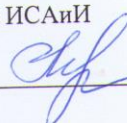
Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 481)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Урбанистики и инженерных систем  
24.01.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой  М.М. Суровцов


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИСАиИ  
02.02.2023 г. протокол № 4

Председатель  О.С. Логунова

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры УиИС

 Е.В. Базанова

Рецензент:

исполнительный директор ООО "МЕТАМ, канд. техн. наук  Г.А. Павлова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Урбанистики и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.М. Суровцов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Урбанистики и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.М. Суровцов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Урбанистики и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.М. Суровцов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Урбанистики и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.М. Суровцов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен)» является формирование у студентов профессиональных знаний в области фундаментального изучения основ технической термодинамики, теплотехники и тепломассообмена; а также способность решать инженерные задачи с помощью математического аппарата векторной алгебры, аналитической геометрии и математического анализа.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математика

Физика

Химия

Строительная физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Генераторы тепла

Вентиляция

Централизованное теплоснабжение

Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий

Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем теплогазоснабжения и вентиляции

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен)» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата
ОПК-1.1	Определяет характеристики физического и химического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретических и экспериментальных исследований
ОПК-1.2	Использует теоретические основы технических наук для применения инновационных технологий на реальных строительных объектах
ОПК-1.3	Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата векторной алгебры, аналитической геометрии и математического анализа

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 76,1 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 32,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Законы термодинамики								
1.1 Первый закон термодинамики. Понятие работы в термодинамике, понятие теплоты процесса. Теплота и работа как формы передачи энергии. Эквивалентность теплоты и работы. Формулировки и аналитическая форма первого закона термодинамики. Энтальпия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики через энтальпию. Анализ термодинамических процессов изменения состояния идеального газа на основе первого закона термодинамики. Изо-хорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы	5	2		2	2,2	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

1.2 Второй закон термодинамики Основные формулировки закона, их физический смысл, связь с принципом действия технических устройств Цикл теплового двигателя, теплота и работа цикла, формулировки Планка и Оствальда, термический КПД. Формулировка Клаузиуса и цикл холодильной установок. Цикл Карно, определение термического КПД. Теорема Кар-но. Энтропия. T-S - диаграмма (тепловая диаграмма) Основные процессы в координатах T-S. Аналитическое выражение второго закона Понятие об эксергии .				4	2/2И	4	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу	6		4/2И	6,2					
2. Свойства реальных рабочих веществ и основные термодинамические процессы									
2.1 Коэффициент сжимаемости как характеристика «реальности» газа, изотермы реального газа в координатах z,p, критические параметры. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Теплота фазового перехода. Принципы построения и характерные особенности h-s диаграммы водяного пара Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого, насыщенного и перегретого пара.	5			2		2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.2 Влажный воздух. Уравнение Ван-дер-Ваальса Термодинамические параметры воды и водяного пара. Процесс парообразования в p-v и T-s диаграммах Жидкость в состоянии насыщения и сухой насыщенный пар Влажный пар, степень сухости пара Перегретый пар. Энтальпия влажного воздуха H-d диаграмма влажного воздуха - принципы построения, характерные особенности, определение параметров.				2		2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	
Итого по разделу	4		4	2					
3. Термодинамика потока.									

<p>3.1 Истечение газа из простого сопла. Переход через скорость звука, критические параметры Истечение идеального газа через сопло Лавалья. Дросселирование газов и паров Физическая сущность процесса дросселирования. Изменение параметров в процессе дросселирования. Интегральный дроссель-эффект. Температура инверсии, кривая инверсии Процесс дросселирования водяного пара Практическое использование процесса дросселирования.</p>	5	2		2/2И	2	<p>Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям</p>	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
<p>3.2 Термодинамический анализ процесса сжатия газов в компрессоре. Изотермическое, адиабатное, политропное сжатие. Учет работы проталкивания. Многоступенчатый компрессор. Определение мощности привода компрессора Изображение термодинамического анализа работы компрессора на p-v, T-s диаграммах .</p>			2		4/2И	2	<p>Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям</p>	Устный опрос
Итого по разделу		4		6/4И	4			
4. Циклы теплосиловых, холодильных установок и компрессорных машин								
<p>4.1 Циклы поршневых ДВС. Термический КПД цикла. Методы повышения эффективности поршневых ДВС. Циклы ГТУ. Принципиальная схема и термодинамический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Учет необратимости процессов сжатия и расширения. Методы повышения термического КПД ГТУ</p>	5	2		2/2И	2	<p>Самостоятельное изучение учебной литературы</p>	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

4.2 Циклы паросиловых установок. Схема ПТУ. Принципиальная возможность реализации цикла Карн. Цикл Ренкина, его изотермический КПД. Методы повышения термического КПД цикла Ренкина. Цикл со вторичным перегревом пара. Цикл с регенеративным подогревом питательной воды. Термодинамический анализ теплофикационной установки						Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
4.3 Циклы холодильных установок. Обратный цикл Карно. Повышение эффективности цикла воздушной холодильной установки путем использования регенерации теплоты. Принцип действия, схема и термодинамический цикл теплового насоса. Установка для совместного получения тепла и холода.					2	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу	6		6/6И	4				
5. Перенос тепловой энергии								
5.1 Определение процесса теплообмена, способы переноса тепла. Теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообмен излучением, сложный теплообмен. Температурное поле, изотермическая поверхность, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока.	5	2	2	4		Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями )	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2



<p>5.2 Закон Фурье. Теплопроводность сред. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия первого, второго и третьего рода. Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность в плоской стенке при граничных условиях первого рода. Многослойная стенка, термическое сопротивление теплопроводности. Теплопроводность цилиндрической и шаровой стенки.</p>		2		2/2И	4	Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2
<p>5.3 Теплопроводность при граничных условиях третьего рода. Коэффициент теплоотдачи, термическое сопротивление теплоотдачи. Теплопередача, коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки. Принципы технико-экономического расчета тепловой изоляции трубопроводов. Теплопередача через ребренную стенку как метод интенсификации процесса теплообмена.</p>		4		4		Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		8		8/2И	8			
6. Нестационарная теплопроводность.								
<p>6.1 Постановка задачи и аналитический метод расчета температурного поля бесконечной пластины при граничных условиях третьего рода. Анализ решения для предельных случаев по величине числа Био; направляющая точка и приближенная кривая температурного поля. Определение теплоты, отданной пластиной в нестационарном процессе.</p>	5	2		2	1	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическими материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями )	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

6.2	Расчет нестационарного температурного поля в цилиндре бесконечной длины. Операционный метод решения задач нестационарной теплопроводности. Метод расчета нестационарного температурного поля для тел конечных размеров. Влияние числа Фурье на температурное поле при нестационарном режиме.		2		2	1	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическими материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями )	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу			4		4	2			
7. Конвективный теплообмен									
7.1	Основные понятия. Конвективный перенос теплоты, плотность теплового потока. Формула Ньютона-Рихмана для теплоотдачи. Понятие о свободной и вынужденной конвекции. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмен.		2		2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1
7.2	Теория подобия в конвективном теплообмене. Теоремы подобия. Теория подобия как руководство к рациональному проведению экспериментального исследования процессов конвективного теплообмена. Принципы моделирования, форма представления экспериментальных результатов в виде уравнений подобия, числа подобия.	5	2		2	4	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу			4		4	6			
8. Подготовка к экзамену									
8.1	Подготовка к экзамену	5					Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий	Экзамен	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу									
Итого за семестр			36		36/14И	32,2		экзамен	
Итого по дисциплине			36		36/14И	32,2		экзамен	

## 5 Образовательные технологии

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При обучении студентов дисциплине «Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен)» следует осуществлять следующие образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения).

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексию.

4. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

5. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией

(демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных средств.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 308 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01738-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/448239> (дата обращения: 30.05.2023).

2. Ляшков, В. И. Теоретические основы теплотехники: Учеб. пособие для вузов / В.И. Ляшков, 2-е изд., испр. и доп. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2019. -с: ил. - ISBN 978-5-905554-85-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002345> (дата обращения: 30.05.2023). – Режим доступа: по подписке.

3. Семенов, Ю. П. Основы тепломассообмена : учебное пособие / Ю.П. Семенов. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 246 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/textbook\_5b4c72d22046e3.77590088. - ISBN 978-5-16-013601-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062001> (дата обращения: 30.05.2023). – Режим доступа: по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Видин, Ю. В. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен: Учебное пособие / Видин Ю.В., Казаков Р.В., Колосов В.В. - Краснояр.:СФУ, 2015. - 370 с.: ISBN 978-5-7638-3302-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/967810> (дата обращения: 30.05.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Яновский, А. А. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие / Яновский А.А. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2017. - 104 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/975962> (дата обращения: 30.05.2023). – Режим доступа: по подписке.

3. Зейнетдинов, Р. А. Тепломассообмен в элементах теплотехнического Оборудования. Основы тепломассообмена : учебное пособие / Р. А. Зейнетдинов. - Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2020. - 215 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902043> (дата обращения: 30.05.2023). – Режим доступа: по подписке.

### **в) Методические указания:**

1. Новоселова, Ю. Н. Теплоснабжение с основами теплотехники : учебное пособие / Ю. Н. Новоселова, Ю. А. Морева. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 86 с. : ил., табл., схемы. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1107.pdf&show=dcatalogues/1/1120321/1107.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/448239>

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

7Zip	свободно	бессрочно
Adobe	свободно	бессрочно
FAR	свободно	бессрочно
Браузер Mozilla	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционные аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации (интерактивная доска в комплекте с проектором и компьютером); демонстрационные стенды, плакаты, наглядные пособия.

Помещения для самостоятельной работы: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Аудитории для практических занятий, групповых индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: демонстрационные стенды, плакаты, наглядные пособия.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Шкафы и стеллажи для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий;

инструменты и оборудование для обслуживания

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и теплообмен)» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся. Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение практических задач на практических занятиях.

**АПР №1 Условие задачи:**

В ванне находится 400 л воды при температуре 30° С. Из крана вытекает горячая вода при 60° С. На какое время надо открыть кран, чтобы установилась температура 35° С, если за одну минуту из крана вытекает 10 л воды?

Дано:

$V_1=400$  л,  $t_1=30^\circ$  С,  $t_2=60^\circ$  С,  $t=35^\circ$ ,  $\tau_0=1$  мин,  $V_0=10$  л,  $\tau=?$

**Решение задачи:**

Изначально в ванне находилась вода объемом  $V_1$  при температуре  $t_1$ . За искомое время  $\tau$  из крана вытечет объем воды  $V_2$  при температуре  $t_2$ . В результате смешения и теплообмена установится тепловое равновесие при температуре  $t$ .

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1=Q_2$$

Здесь  $Q_1$  — количество теплоты, полученное водой объемом  $V_1$  при нагревании в результате теплообмена,  $Q_2$  — количество теплоты, отданное водой объемом  $V_2$  (которая вытечет из крана) при охлаждении в результате теплообмена. Распишем количества теплоты по известным формулам:

$$cm_1(t-t_1)=cm_2(t_2-t)$$

$$m_1(t-t_1)=m_2(t_2-t)$$

Массы запишем как произведение плотности воды на соответствующий объем.

$$\rho V_1(t-t_1)=\rho V_2(t_2-t)$$

$$V_1(t-t_1)=V_2(t_2-t) \quad (1)$$

Если за единицу времени из крана вытекает одинаковое количество воды, то есть расход жидкости всегда одинаковый, то имеет место равенство:

$$V_0\tau_0=V_2\tau$$

$$V_2=V_0\tau\tau_0$$

Подставим полученное выражение в равенство (1).

$$V_1(t-t_1)=V_0\tau\tau_0(t_2-t)$$

Откуда искомое время  $\tau$  равно:

$$\tau=V_1(t-t_1)\tau_0V_0(t_2-t)$$

Переведем объемы  $V$  и  $V_0$ , а также время  $\tau_0$  в систему СИ:

$$400\text{л}=0,4\text{м}^3$$

$$10\text{л}=0,01\text{м}^3$$

$$1\text{мин}=60\text{с}$$

Численный ответ к задаче равен:

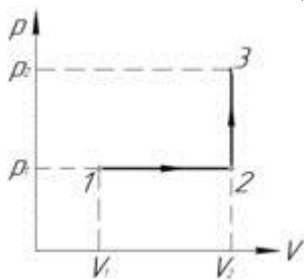
$$\tau=0,4\cdot(35-30)\cdot60\cdot0,01\cdot(60-35)=480\text{с}$$

**АПР №2. Условие задачи:**

Железный стержень массой 5 кг, нагретый до 550° С, опускается в воду. Сколько теплоты ежесекундно теряет стержень, если за 10 мин он остывает до 45° С?



**АПР №3. Условие задачи:**

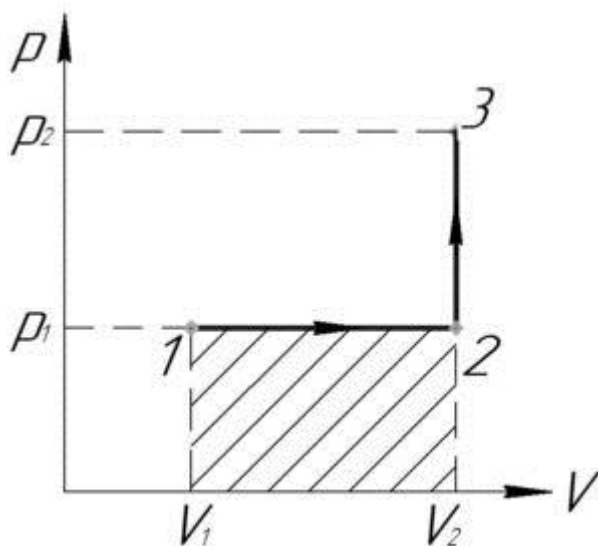


$V_1=2$  л,  $V_2=3$  л,  $p_1=400$  кПа. Найти работу газа, совершенную в процессе 1-2-3 (схема к задаче приведена справа).

Дано:

$V_1=2$  л,  $V_2=3$  л,  $p_1=400$  кПа,  $p_2=600$  кПа,  $A=?$

**Решение задачи:**



Работа газа  $A$ , совершенная в процессе 1-2-3, равна сумме работ газа в процессах 1-2 и 2-3.

$$\bullet \quad A=A_{1-2}+A_{2-3} \quad (1)$$

Процесс 1-2 — изобарный, поэтому работу газа  $A_{1-2}$  в этом процессе следует искать по такой формуле (численно работа равна площади фигуры под графиком процесса, на схеме к решению — заштриховано):

$$A_{1-2}=p_1(V_2-V_1)$$

Процесс 2-3 — изохорный, работа газа  $A_{2-3}$  в этом процессе равна нулю, так как газ не изменяет своего объема (площадь фигуры под графиком этого процесса в координатах  $p$ - $V$  также равна нулю).

$$A_{2-3}=0$$

В итоге формула (1) примет такой вид:

$$A=p_1(V_2-V_1)$$

Переведем объемы газа  $V_1$  и  $V_2$  в систему СИ:

$$2\text{л}=2\cdot 10^{-3}\text{м}^3$$

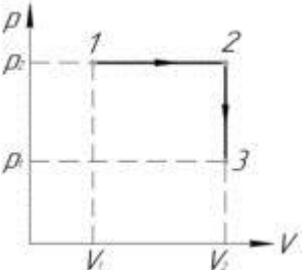
$$3\text{л}=3\cdot 10^{-3}\text{м}^3$$

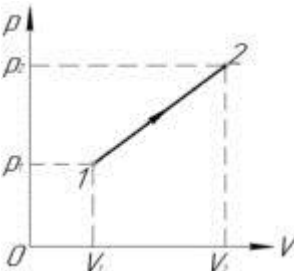
Посчитаем ответ:

$$A=400\cdot 10^3\cdot (3\cdot 10^{-3}-2\cdot 10^{-3})=400\text{Дж}$$

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата		
ОПК-1.1:	<p>Определяет характеристики физического и химического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия и определения. Общие понятия теплопроводности, конвекции, излучения.</li> <li>2. Закон Фурье.</li> <li>3. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>4. Коэффициент теплопроводности.</li> <li>5. Условия однозначности.</li> <li>6. Теплопроводность однослойной плоской стенки.</li> <li>7. Теплопроводность многослойной плоской стенки.</li> <li>8. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки.</li> <li>9. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.</li> </ol> <p>Примерные задачи:</p> <p><b>Пример 1 .</b>            В батарею водяного отопления вода поступает при 80 °С по трубе площадью поперечного сечения 500 мм<sup>2</sup> со скоростью 1,2 см/с, а выходит из батареи, имея температуру 25 °С. Какое количество теплоты получает отапливаемое помещение за сутки?</p> <p><b>Дано:</b>  <math>t_1=80^\circ \text{C}</math>, <math>S=500 \text{ мм}^2</math>, <math>v=1,2 \text{ см/с}</math>, <math>t_2=25^\circ \text{C}</math>, <math>\tau=1 \text{ сут}</math>,  <math>Q=?</math></p> <p><b>Пример 2.</b> По стальной трубе с внутренним диаметром <math>d_1 = 210 \text{ мм}</math> и внешним диаметром <math>d_2 = 224 \text{ мм}</math>, течет газ со средней температурой <math>T_{ж1} = 700 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Коэффициент теплопроводности материала трубы <math>\lambda = 40 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}</math>, а коэффициент теплоотдачи от газа к стенке <math>\alpha_1 = 70 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}</math>. Снаружи труба охлаждается водой со средней температурой <math>T_{ж2} = 170 \text{ }^\circ\text{C}</math>, коэффициент теплоотдачи от стенки к воде <math>\alpha_2 = 3000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}</math>.</p> <p>Определить линейный коэффициент теплопередачи от газа к воде и линейную плотность теплового потока. Найти температуры на внутренней и внешней поверхности трубы.</p>

ОПК-1.2:	Использует теоретические основы технических наук для применения инновационных технологий на реальных строительных объектов	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие теплопередачи.</li> <li>2. Теплопередача плоской одно- и многослойной стенки.</li> <li>3. Теплопередача одно- и многослойной цилиндрической стенки.</li> <li>4. Критический диаметр цилиндрической стенки.</li> <li>5. Принципы расчета температурного поля в ребристой стенке.</li> <li>6. Интенсификация процессов теплообмена.</li> <li>7. Понятие нестационарной теплопроводности.</li> <li>8. Анализ решения задач нестационарной теплопроводности для предельных значений чисел Био.</li> <li>9. Операционный метод решения задач нестационарной теплопроводности.</li> <li>10. Метод расчета нестационарного температурного поля для тел конечных размеров.</li> </ol> <p>Определение количества теплоты в нестационарном режиме ( пластина.</p> <p><b>Примерные задачи:</b></p> <p><b>Пример1:</b></p>  <p><math>V_1=1,5</math> л, <math>V_2=3,5</math> л, <math>p_1=4 \cdot 10^5</math> Па, <math>p_2=5 \cdot 10^5</math> Па. Найти работу газа в процессе 1-2-3 (схема, приведённая к условию задачи, приведена справа).</p> <p><b>Дано:</b> <math>V_1=1,5</math> л, <math>V_2=3,5</math> л, <math>p_1=4 \cdot 10^5</math> Па, <math>p_2=5 \cdot 10^5</math> Па, <math>A=?</math></p> <p><b>Пример 2.</b> В котле вода нагревается за счет сжигания угля, толщина стенки котла <math>\delta = 20</math> мм, температура дымовых газов <math>T_{ж1} = 1000</math> °С, температура воды <math>T_{ж2} = 200</math> °С. Коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке <math>\alpha_1 = 100</math> Вт/(м<sup>2</sup>·К), от стенки к воде <math>\alpha_2 = 2000</math> Вт/(м<sup>2</sup>·К), а коэффициент теплопроводности материала стенки <math>\lambda = 50</math> Вт/(м·К). В процессе эксплуатации поверхность нагрева со стороны дымовых газов покрылась слоем сажи</p>

		<p>толщиной <math>\delta_c = 1</math> мм с коэффициентом теплопроводности <math>\lambda_c = 0,093</math> Вт/(м·К), и со стороны воды слоем накипи толщиной <math>\delta_n = 2</math> мм и коэффициентом теплопроводности <math>\lambda_n = 0,93</math> Вт/(м·К).</p> <p>Определить температуры <math>T_{c1}</math> и <math>T_{c2}</math> на поверхностях стенки чистого котла и плотность теплового потока. Определить плотность теплового потока с учетом отложений на стенках котла и определить уменьшение тепловой нагрузки в процентах. Найти температуры на поверхностях соответствующих слоев <math>T_{c1}</math>, <math>T_{c2}</math>, <math>T_{c3}</math>, <math>T_{c4}</math>.</p>
ОПК-1.3	<p>Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата векторной алгебры, аналитической геометрии и математического анализа</p>	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие регулярного режима.</li> <li>2. Основные понятия конвективного теплообмена.</li> <li>3. Формула Ньютона - Рихмана для расчетов процессов теплообмена.</li> <li>4. Свободная и вынужденная конвекция.</li> <li>5. Гидродинамическая структура потока. Число Рейнольдса.</li> <li>6. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.</li> <li>7. Теория подобия. Числа подобия.</li> <li>8. Теоремы подобия.</li> </ol> <p><b>Примерные задачи:</b></p> <p><b>Пример1:</b></p>  <p><math>V_1=1</math> л, <math>V_2=2</math> л, <math>p_1=0,6 \cdot 10^5</math> Па, <math>p_2=10^5</math> Па. Найти работу газа в процессе 1-2 (схема, приведённая к условию задачи, показана справа).</p> <p><b>Дано:</b></p> <p><math>V_1=1</math> л, <math>V_2=2</math> л, <math>p_1=0,6 \cdot 10^5</math> Па, <math>p_2=10^5</math> Па, <math>A=?</math></p> <p><b>Пример 2.</b> В водо-водяном ядерном реакторе стержневой тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) выполнен из двуокиси урана с тонкостенной оболочкой из нержавеющей стали. Длина активной части ТВЭЛа <math>l= 3</math> м, диаметр <math>d = 9,5</math> мм, мощность внутренних источников тепла <math>q_v=3 \cdot 10^8</math> Вт/м<sup>3</sup>. Выделившаяся теплота отводится к жидкости с</p>

		температурой $T_{ж} = 340^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности материала стержня $\lambda = 3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , коэффициент теплоотдачи от стенки к жидкости $\alpha = 25000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ . Определить температуру стенки $T_c$ твэла, температуру топлива на оси стержня $T_0$ тепловой поток $Q$ и объем топлива в стержне $V$ .
--	--	---

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен)» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.