



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
17.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Направление подготовки (специальность)
08.03.01 Строительство

Направленность (профиль/специализация) программы
Теплогазоснабжение и вентиляция

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

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

Магнитогорск
2020 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 Управления недвижимостью и инженерных систем

12.02.2020, протокол № 7

Зав. кафедрой _____ Ю.А. Морева

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИСАиИ

17.02.2020 г. протокол № 5

Председатель _____ О.С. Логунова

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры УНиИС, канд. техн. наук _____ Ю.А. Морева

Рецензент:

Технический директор ООО "МЕТАМ", канд. техн. наук

_____ Г.А. Павлова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.А. Морева

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.А. Морева

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.А. Морева

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

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.А. Морева

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен)» является фундаментальное изучение студентами основ технической термодинамики и теплотехники; обеспечение знаниями студентов в области технической термодинамики и тепломассообмена, одной из базовых инженерных дисциплин специальности, что позволяет создать фундамент для неформального усвоения материала профилирующих дисциплин: отопления, вентиляции, теплоснабжения, газоснабжения.

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

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

Генераторы тепла

Вентиляция

Централизованное теплоснабжение

Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ

Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий

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-1.3	Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата векторной алгебры, аналитической геометрии и математического анализа
ОПК-1.2	Использует теоретические основы технических наук для применения инновационных технологий на реальных строительных объектах
ОПК-1.1	Определяет характеристики физического и химического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретических и экспериментальных исследований

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 76,1 академических часов;
- аудиторная – 72 академических часов;
- внеаудиторная – 4,1 академических часов
- самостоятельная работа – 32,2 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

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 Изохорный, 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 изуче-ние 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	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.								

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.	5	2		2/2И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
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 .		2		4/2И	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		4		6/4И	4			
4. Циклы теплосиловых, холодильных установок и компрессорных машин								
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	5	2		2/2И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы	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		2		2/2И		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		2/2И	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

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.		2		2/2И	4	Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2
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 оребренную стенку как метод интенсификации процесса теплообмена.		4		4		Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к ауди-торным занятиям	Устный опрос	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		8		8/2И	8			
6. Нестационарная теплопроводность.								
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.	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 теплообмена.	5	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.		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 теплообменники)» 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. Ляшков, В. И. Теоретические основы теплотехники: учебное пособие для вузов / В. И. Ляшков. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2019. -с.: ил. - ISBN 978-5-16-104740-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002345> (дата обращения: 23.06.2020). – Режим доступа: по подписке

б) Дополнительная 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 // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/448239> (дата обращения: 23.06.2020).

2. 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: 29.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. 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>

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:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	http://www.springerprotocols.com/
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга	http://materials.springer.com/
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	http://www.springer.com/references

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

Приложение 1

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 τ 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:

$$V_0\tau_0=V_2\tau$$

$$V_2=V_0\tau_0$$

Подставим полученное выражение в равенство (1).

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

Откуда искомое время τ равно:

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

Переведем объемы V и V_0 , а также время τ_0 в систему СИ:

$$400\text{ л}=0,4\text{ м}^3$$

$$10\text{ л}=0,01\text{ м}^3$$

$$1\text{ мин}=60\text{ с}$$

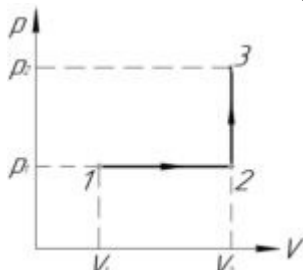
Численный ответ к задаче равен:

$$\tau=0,4\cdot(35-30)\cdot600,01\cdot(60-35)=480\text{ с}$$

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:

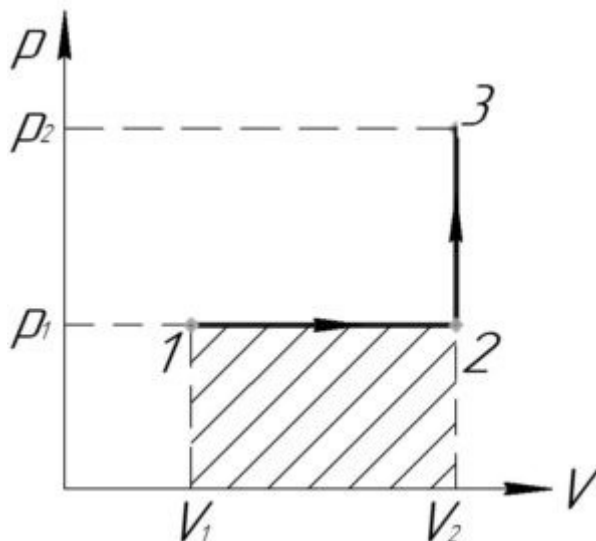


$V_1=2\text{ л}$, $V_2=3\text{ л}$, $p_1=400\text{ кПа}$. Найти работу газа, совершенную в процессе 1-2-3 (схема к задаче приведена справа).

Дано:

$V_1=2\text{ л}$, $V_2=3\text{ л}$, $p_1=400\text{ кПа}$, $p_2=600\text{ кПа}$, $A=?$

Решение задачи:



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

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

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:

$$V_1=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_2=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Посчитаем ответ:

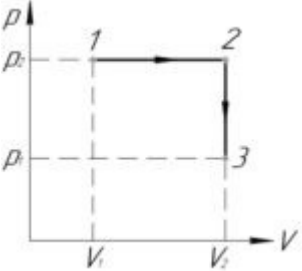
$$A=400 \cdot 10^3 \cdot (3 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}) = 400 \text{ Дж}$$

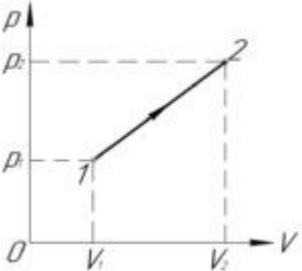
Приложение 2

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:	Определяет характеристики физического и химического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретических и экспериментальных исследований	Теоретические вопросы: 1. Основные понятия и определения. Общие понятия теплопроводности, конвекции, излучения. 2. Закон Фурье. 3. Дифференциальное уравнение теплопроводности. 4. Коэффициент теплопроводности. 5. Условия однозначности. 6. Теплопроводность однослойной плоской стенки. 7. Теплопроводность многослойной плоской стенки. 8. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки. 9. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки. Примерные задачи: Пример 1 . В батарею водяного отопления вода поступает при 80°C по трубе площадью поперечного сечения 500 мм^2 со скоростью $1,2 \text{ см/с}$, а выходит из батареи, имея температуру 25°C. Какое количество теплоты получает отапливаемое помещение за сутки?

		Дано: $t_1=80^\circ \text{C}$, $S=500 \text{ мм}^2$, $v=1,2 \text{ см/с}$, $t_2=25^\circ \text{C}$, $\tau=1 \text{ сут}$, $Q=?$ Пример 2. По стальной трубе с внутренним диаметром $d_1 = 210 \text{ мм}$ и внешним диаметром $d_2 = 224 \text{ мм}$, течет газ со средней температурой $T_{ж1} = 700^\circ \text{C}$. Коэффициент теплопроводности материала трубы $\lambda = 40 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, а коэффициент теплоотдачи от газа к стенке $\alpha_1 = 70 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. Снаружи труба охлаждается водой со средней температурой $T_{ж2} = 170^\circ \text{C}$, коэффициент теплоотдачи от стенки к воде $\alpha_2 = 3000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. Определить линейный коэффициент теплопередачи от газа к воде и линейную плотность теплового потока. Найти температуры на внутренней и внешней поверхности трубы.
ОПК-1.2:	Использует теоретические основы технических наук для применения инновационных технологий на реальных строительных объектов	Теоретические вопросы: 1. Понятие теплопередачи. 2. Теплопередача плоской одно- и многослойной стенки. 3. Теплопередача одно- и многослойной цилиндрической стенки. 4. Критический диаметр цилиндрической стенки. 5. Принципы расчета температурного поля в ребристой стенке. 6. Интенсификация процессов теплообмена. 7. Понятие нестационарной теплопроводности. 8. Анализ решения задач нестационарной теплопроводности для предельных значений чисел Био. 9. Операционный метод решения задач нестационарной теплопроводности. 10. Метод расчета нестационарного температурного поля для тел конечных размеров. Определение количества теплоты в нестационарном режиме (пластина.

		Примерные задачи: Пример1:  $V_1=1,5 \text{ л}, V_2=3,5 \text{ л}, p_1=4 \cdot 10^5 \text{ Па}, p_2=5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Найти работу газа в процессе 1-2-3 (схема, приведённая к условию задачи, приведена справа). Дано: $V_1=1,5 \text{ л}, V_2=3,5 \text{ л}, p_1=4 \cdot 10^5 \text{ Па}, p_2=5 \cdot 10^5 \text{ Па}, A=?$ Пример 2. В котле вода нагревается за счет сжигания угля, толщина стенки котла $\delta = 20 \text{ мм}$, температура дымовых газов $T_{ж1} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$, температура воды $T_{ж2} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, от стенки к воде $\alpha_2 = 2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а коэффициент теплопроводности материала стенки $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. В процессе эксплуатации поверхность нагрева со стороны дымовых газов покрылась слоем сажи толщиной $\delta_c = 1 \text{ мм}$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_c = 0,093 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, и со стороны воды слоем накипи толщиной $\delta_n = 2 \text{ мм}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_n = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Определить температуры T_{c1} и T_{c2} 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 $T_{c1}, T_{c2}, T_{c3}, T_{c4}$.
ОПК-1.3	Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата векторной алгебры, аналитической геометрии и математического анализа	Теоретические вопросы: 1. Понятие регулярного режима. 2. Основные понятия конвективного теплообмена. 3. Формула Ньютона - Рихмана для расчетов процессов теплообмена. 4. Свободная и вынужденная конвекция.

		5. Гидродинамическая структура потока. Число Рейнольдса. 6. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. 7. Теория подобия. Числа подобия. 8. Теоремы подобия. Примерные задачи: Пример1:  $V_1=1$ л, $V_2=2$ л, $p_1=0,6 \cdot 10^5$ Па, $p_2=10^5$ Па. Найти работу газа в процессе 1-2 (схема, приведённая к условию задачи, показана справа). Дано: $V_1=1$ л, $V_2=2$ л, $p_1=0,6 \cdot 10^5$ Па, $p_2=10^5$ Па, $A=?$ Пример 2. В водо–водяном ядерном реакторе стержневой тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) выполнен из двуокиси урана с тонкостенной оболочкой из нержавеющей стали. Длина активной части ТВЭЛа $l=3$ м, диаметр $d=9,5$ мм, мощность внутренних источников тепла $q_v=3 \cdot 10^8$ Вт/м³. Выделившаяся теплота отводится к жидкости с температурой $T_{ж}=340$ °С. Коэффициент теплопроводности материала стержня $\lambda=3$ Вт/(м·К), коэффициент теплоотдачи от стенки к жидкости $\alpha=25000$ Вт/(м²·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.