



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по образовательной деятельности,
председатель методического совета

И.Р. Абдулвелесев

9 февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ

**Для основных образовательных программ
с индивидуальной образовательной траекторией**

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения

Очная

Курс 2
Семестр 3

Магнитогорск
2023 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании методического совета
09.02.2023, протокол № 1.

Согласовано с руководителями ООП:

Зав. кафедрой ЭПП

А.В. Варганова

Зав. кафедрой экономики

А.Г. Васильева

Зам. директора ИЕиС по воспитательной работе,
доцент кафедры ТССА

А.С. Лимарев

Доцент кафедры ПОиД

Т.Г. Неретина

Зам. директора ИЕиС по учебной работе,
доцент кафедры ПОиБЖД

Ю.В. Сомова

Зав. кафедрой УиИС

М.М. Суровцов

Зав. кафедрой ЛПиМ

Н.А. Феоктистов

Зав. кафедрой ЛиУТС

О.В. Фридрихсон

Зав. кафедрой МиХТ

А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Основы теплотехники и гидрогазодинамики» являются развитие у обучающихся личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Задачи дисциплины – усвоение обучающимися основных разделов дисциплины, проектирование, конструирование и эксплуатация технических средств, связанных с движением жидкостей и газов по трубопроводам и каналам энергетического и теплотехнического оборудования.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы теплотехники и гидрогазодинамики входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Математика

Физика

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

Экология промышленных регионов

Экологические проблемы промышленных зон

Системы защиты атмосферы

Системы защиты гидросферы

Теплофизика

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы теплотехники и гидрогазодинамики» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ДПК-011-1	Способен анализировать статистические данные периодичности повреждаемости оборудования для выявления причин, планировать безопасные и современные методы ремонтов, контролировать и проверять качество работ
ДПК-011-1.1	Выявляет причины повреждения оборудования, их частоту, повторяемость, обеспечивает статистический учет
ДПК-011-1.2	Разрабатывает предложения по организации и проведению качественных ремонтов, контролирует выполнение, обеспечивает технической документацией

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 36,1 акад. часов;
- аудиторная – 36 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 71,9 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

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. Основные положения статики гидрогазодинамики								
1.1 Вводные сведения. Основные физические свойства жидкостей и газов	3			4	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
1.2 Общие законы и уравнения статики жидкостей и газов				4	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
1.3 Абсолютный и относительный покой				2	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
Итого по разделу				10	18			
2. Основные положения кинематики								
2.1 Общие понятия кинематики жидкостей и газов. Методы описания движения жидкостей	3			2	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
2.2 Струйная гидравлическая модель потока. Уравнение сплошности (неразрывности)				2	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
Итого по разделу				4	12			
3. Основные положения динамики								
3.1 Общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов. Уравнение Бернулли	3			4	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2

3.2	Подобие гидромеханических процессов. Режимы движения жидкостей			4	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
3.3	Сопротивление при течении жидкости в трубах. Линейные потери			4	8	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
3.4	Местные сопротивления. Кавитация			4	6	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
3.5	Расчеты движения жидкости и газа в трубах и каналах			4	5,9	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
Итого по разделу				20	31,9			
4. Истечение жидкостей и газов из сопел и насадок								
4.1	Истечение жидкости через отверстие. Виды насадок и их применение. Гидравлический удар	3		2	10	Проработка лекционного материала; решение задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ДПК-011-1.1 ДПК-011-1.2
Итого по разделу				2	10			
Итого за семестр				36	71,9		зачёт	
Итого по дисциплине				36	71,9		зачет	

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Основы теплотехники и гидрогазодинамики» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии.

Целями образовательных и информационных технологий являются:

- активизирование мышления обучающихся;
- формирование интереса к изучаемому материалу;
- развитие интеллекта и творческих способностей обучающихся.

Лекционный материал закрепляется на практических занятиях. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов практические занятия организуются в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет). Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. Этапы познавательной деятельности студентов предполагают последовательно постановку интересующей их проблемы, выдвижение гипотез при ее решении, выражение решения гипотезы научным языком, а также реализация продукта в виде публичного выступления, доклада или презентации. Корректировки образовательного процесса проходят с использованием обратной связи между преподавателем и обучающимися на консультациях, а также при текущем и промежуточном контроле.

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. Агапитов, Е.Б. Гидрогазодинамика: учебное пособие [для вузов] / Е.Б. Агапитов, М.С. Соколова. – Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. 1 CD-ROM. ISBN 978-5-9967-1510-7. Загл. с титул. экрана. URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3939.pdf&show=dcatalogues/1/1530514/3939.pdf&view=true>

2. Карпов, К.А. Прикладная гидрогазодинамика: учебное пособие / К.А. Карпов, Р.О. Олехнович. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 100 с. Режим доступа URL: <https://e.lanbook.com/book/107938>

б) Дополнительная литература:

1. Семенова, Т.П. Гидрогазодинамика: конспект лекций / Т.П. Семенова, Ю.И. Тартаковский. – Магнитогорск: МГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Режим доступа URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1011.pdf&show=dcatalogues/1/1119223/1011.pdf&view=true>

2. Соколова, М.С. Механика жидкости и газов: практикум / М.С. Соколова, А.В.

Тихонов, М.А. Лемешко. – Магнитогорск: МГТУ, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Режим доступа URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3404.pdf&show=dcatalogues/1/1139648/3404.pdf&view=true>

3. Агапитов, Е.Б. Системы распределения искусственных газов на промышленном предприятии: учебное пособие / Е.Б. Агапитов, Ю.И. Тартаковский, Б.К. Сенечкин и др. – Магнитогорск: МГТУ, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Режим доступа URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1035.pdf&show=dcatalogues/1/1119333/1035.pdf&view=true>

4. Кудинов, А.А. Гидрогазодинамика: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов. М.: ИНФРА-М, 2018. 336 с.

<http://znanium.com/catalog/product/918073>

в) Методические указания:

1. Соколова М.С., Лемешко М.А. Введение в курс гидрогазодинамики. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 10 с.

2. Тихонов А.В., Соколова М.С. Практическое применение уравнения Бернулли. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 10 с.

3. Каблукова М.С., Семенова Т.П. Основные свойства жидкостей. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 9 с.

4. Соколова М.С. Потери по длине вязкой жидкости. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 9 с.

5. Соколова М.С. Местные потери вязкой жидкости. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 10 с.

6. Семенова Т.П., Харченко О.А. Измерение расхода жидкости и газа. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014 – 12 с.

7. Семенова Т.П., Харченко О.А. Измерение давления жидкости и газа. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. 2014 – 10 с.

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 распространяемое	бессрочно
FAR Manager	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
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- доска, мел, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся:

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа стимулирует студентов к проработке тем в процессе домашней или аудиторной самостоятельной работы.

Оценочные средства для проведения текущего контроля

Перечень вопросов для текущего контроля

П. 6.1

1. Дайте определение идеального газа.
2. Что такое термодинамическая система? Какая система называется закрытой, открытой, замкнутой, адиабатной?
3. Что такое уравнение состояния? Написать уравнение состояния идеального газа.
4. Что такое термодинамический процесс? Объяснить понятия равновесный и неравновесный процессы.
5. Что такое теплота? Единицы измерения.
6. Что такое работа? Единицы измерения.

П. 6.2

1. Объяснить сходство и различие между теплотой и работой. Можно ли их назвать энергиями?
2. Что такое внутренняя энергия? Функцией чего она является и как может быть вычислена? Свойства внутренней энергии.
3. Что такое энтальпия газа? Как она связана с внутренней энергией? Физический смысл энтальпии. Функцией чего она является? Объяснить ее свойства.
4. Как изображаются работа расширения и располагаемая работа на диаграмме состояния в P - v координатах?
5. Что такое массовая, объемная, мольная теплоемкость? Изобарная и изохорная теплоемкость?
6. Почему изобарная теплоемкость больше изохорной? Какая связь между ними?
7. От каких параметров зависит теплоемкость идеального газа? Как определяется изменение энтальпии и внутренней энергии идеального газа, если известны истинные и средние теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме?
8. Почему теплоемкость зависит от процесса? Дайте значения теплоемкостей для основных процессов изменения состояния.
9. Выведите уравнение Майера. Для какого газа оно справедливо? Физический смысл индивидуальной и универсальной газовой постоянной?

П. 6.3

1. Напишите аналитические выражения I закона термодинамики через энтальпию и внутреннюю энергию, объясните их. Объясните содержание закона.
2. Напишите аналитическое выражение II закона термодинамики. Содержание и основные формулировки II закона термодинамики.

3. В чем сущность статистического толкования второго закона термодинамики? Физический смысл энтропии. Связь между энтропией и термодинамической вероятностью.
4. Что такое обратимые и необратимые процессы? Изменение энтропии системы в необратимых процессах. Изменение энтропии в адиабатных процессах.
5. Как может изменяться энтропия в изолированной системе при протекании в ней различных термодинамических процессов? Дайте примеры.
6. Покажите, что термодинамический КПД идеального обратимого цикла Карно $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ не зависит от свойств рабочего тела, при помощи которого совершается цикл.

П. 6.4

1. Как определяется давление при изохорном процессе.
2. Как вычислить работу при изотермическом сжатии (расширении)
3. Определение разности энтальпий в изохорном процессе.
4. Что такое смесь.
5. Как определить газовую постоянную смеси
6. Как определить молекулярную массу смеси
7. Определение массовой и объемной долей компонентов смеси
8. Что такое парциальное давление.

П. 6.5

1. Изобразите в P-v и T-s - диаграммах изотермический, адиабатный и политропный процессы сжатия рабочего тела в компрессоре и покажите техническую работу, затрачиваемую на эти процессы. Какой из них наиболее выгоден?
2. Изобразите индикаторную диаграмму идеального одноступенчатого компрессора. В чем заключается принципиальное различие между ней и P-v - диаграммой процесса в том же компрессоре?
3. Что такое объемный КПД компрессора? Каково влияние вредного пространства на работу компрессора?
4. С какой целью применяется многоступенчатое сжатие? Покажите схему многоступенчатого компрессора, P-v и T-s - диаграмму с изображением процессов в многоступенчатом компрессоре (процесс сжатия – адиабатный).
5. Изобразите в T-s – диаграмме процесс политропного сжатия газа в многоступенчатом компрессоре при показателе политропы $1 < n < K$. Покажите на графике теплоту, отводимую от газа в цилиндрах компрессора и в промежуточных холодильниках.
6. Как вычисляется необходимое число ступеней сжатия в многоступенчатом компрессоре при заданных начальном и конечном давлениях рабочего тела.
7. Что такое внутренний относительный КПД компрессора и в каких случаях он используется для оценки эффективности его работы?

П. 6.6

1. Химическое равновесие и второй закон термодинамики
2. Константа равновесия и степень диссоциации.
3. Тепловой закон Нернста.
4. Что такое температура горения и как ее определить.

5. Что такое горение.

П. 6.7

1. От чего зависит коэффициент сжатия
2. Что такое детонация. Указать причины ее возникновения.
3. Что характеризует степень повышения давления в двигателях Дизеля.
4. Как сравнить различные циклы ДВС
5. Что такое степень предварительного расширения.
6. Где применяются двигатели Тринклера.
7. Какие предпосылки положены в основу идеализации циклов двигателей внутреннего сгорания? Изобразите в $P-v$ и $T-s$ –диаграммах идеальный цикл поршневых ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении и со смешанным подводом теплоты и сопоставьте их с рабочими процессами в реальных двигателях.
8. 2. Как влияет степень сжатия на термический КПД идеального цикла поршневых ДВС и какие факторы ограничивают ее величину?
9. 3. Как влияет степень предварительного расширения на термический КПД идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении?

П. 6.8

1. Изобразите принципиальную схему газотурбинной установки без регенерации. Опишите процессы в ее основных элементах и постройте идеальный цикл установки в $P-v$ и $T-s$ –диаграммах.
2. Изобразите принципиальную схему ГТУ с регенерацией. Опишите процессы в отдельных ее элементах и покажите на графике $P-v$ и $T-s$ –диаграммах, как осуществляется в такой установке регенерация теплоты.
3. Изобразите на $T-s$ – диаграмме реальный цикл ГТУ с регенерацией теплоты. Объясните, что такое внутренний относительный КПД компрессора и турбины, внутренний абсолютный КПД установки, а также, что такое степень регенерации.

П. 6.9

1. В чем особенность работы цикла Стирлинга
2. Каков кпд цикла Стирлинга
3. Основной принцип работы паровой машины
4. Кто был первооткрывателем паровой машины. Рассказать о них.
5. Применение циклов Стирлинга в настоящее время
6. Применение паровых машин в настоящее время.

П. 6.10

1. Покажите, что применение пара в теплосиловых установках повышает коэффициент заполнения цикла. Каким требованиям должно удовлетворять рабочее тело, при помощи которого осуществляется паросилового цикл?
2. Почему основным рабочим телом паросиловых установок служит водяной пар? Каковы его преимущества и недостатки по сравнению с парами других жидкостей?
3. Почему применение цикла Карно в паросиловых установках технически неосуществимо? Какие преимущества по сравнению с ним имеет цикл Ренкина?

4. Изобразите в P-v и T-s - диаграммах цикл Ренкина, опишите отдельные процессы из которых он состоит. В каких элементах схемы эти процессы осуществляются?
5. Как определяется работа, затрачиваемая на привод насоса? Почему при низких и средних давлениях пара этой работой можно пренебречь? Как в этом случае определяется термический КПД цикла Ренкина.

П. 6.11

1. Как влияют начальные параметры пара на термический КПД цикла Ренкина? Покажите их влияние с помощью T-s -диаграммы (для цикла Ренкина с перегретым паром).
2. Изобразите реальный цикл Ренкина с перегретым паром на T-s – диаграмме. Как определяется внутренний относительный КПД турбины, насоса, внутренний абсолютный КПД установки?
3. Изобразите на T-s – диаграмме идеальный цикл паросиловой установки с промежуточным перегревом пара. Объясните, какие процессы составляют цикл и в каких элементах они осуществляются. Как определяется термический КПД этого цикла?
4. Как сказывается промежуточный перегрев пара на конечной влажности пара?
5. Как практически осуществляется регенерация теплоты в паросиловых установках? Изобразите принципиальную схему такой установки с одним регенеративным отбором и объясните, почему термический КПД цикла в этом случае выше, чем у цикла Ренкина при тех же параметрах пара?
6. Покажите, что термический КПД цикла ПТУ с регенерацией повышается с повышением числа регенеративных отборов.
7. Составьте уравнение теплового баланса смешивающего регенеративного подогревателя паросиловой установки с одним регенеративным отбором и напишите выражение для определения ее термического КПД.
8. В чем заключается сущность комбинированной выработки электроэнергии и теплоты на ТЭЦ и каковы ее преимущества по сравнению с отдельной выработкой их? Для сопоставления используйте T-s – диаграмму.
9. Какие типы паровых турбин используются при комбинированной выработке электроэнергии и теплоты на ТЭЦ? Каковы преимущества, недостатки и область применения этих турбин?
10. Что такое коэффициент использования теплоты теплофикационной установки? Чему равно предельно высокое значение этого коэффициента для идеальной ТЭЦ и какие значения он может достигать в действительности?
11. Изобразите схему парогазовой установки с одной парогазовой турбиной, опишите ее работу и представьте идеальный цикл в T-s - диаграмме. Какие преимущества дает применение такого цикла по сравнению с циклом Ренкина. Как определяется термический КПД ПГУ?
12. Изобразите схему парогазовой установки с двумя турбинами (паровой и газовой), опишите работу ПГУ и представьте идеальный цикл в T-s - диаграмме. Как определяется термический КПД цикла, каковы преимущества использования двух рабочих тел.
13. Изобразите схему и цикл в T-s – диаграмме бинарной ртутно-водяной установки. Опишите достоинства и недостатки использования такой установки. Как определяется термический КПД цикла?

П. 6.12

1. Как выглядит и что изображено на H-d диаграмме влажного воздуха.

2. Что такое влагосодержание
3. Что такое относительная влажность воздуха и как она определяется
4. Понятие абсолютной влажности воздуха
5. Изобразите изохорное нагревание воздуха на диаграмме.

П. 6.13

1. Изобразите схему воздушной компрессионной холодильной установки, опишите ее работу и представьте ее идеальный цикл в $P-v$ и $T-s$ -диаграммах
2. Каково основное назначение детандера в воздушной компрессионной холодильной установке и почему его нельзя заменить дроссельным вентилем?
3. Что такое холодильный коэффициент и каково примерно его значение для воздушной холодильной установки? Какое значение имеет холодильный коэффициент эквивалентного по действию обратного цикла Карно?
4. Изобразите схему и идеальный цикл пароконденсационной холодильной установки с дроссельным вентилем и опишите процессы, из которых он состоит. Какова потеря холодопроизводительности, обусловленная заменой детандера дроссельным вентилем?
5. Какими свойствами должно обладать вещество, применяемое в качестве холодильного агента в пароконденсационных холодильных установках?
6. Какие преимущества имеет пароконденсационная холодильная установка по сравнению с воздушной холодильной установкой. Сопоставьте между собой идеальные циклы этих установок в $T-s$ –диаграмме.
7. Изобразите схему парожеткционной холодильной установки и опишите ее работу, как происходит сжатие холодильного агента в этой установке и каким коэффициентом характеризуется ее эффективность? Покажите идеальный цикл установки на $T-s$ –диаграмме.
8. Изобразите схему абсорбционной холодильной установки и опишите ее работу. Как повышается давление холодильного агента в этой установке?
9. В чем принципиальное отличие цикла теплового насоса от цикла холодильной установки? Изобразите в $T-s$ – диаграмме идеальные циклы обеих установок и дайте пояснения по графику. Каким коэффициентом характеризуется эффективность цикла теплового насоса?

П. 6.14

1. Какова роль теплоэнергетики в развитии экономики страны?
2. Какие основные задачи развития российской теплоэнергетики вам известны?
3. Физическая сущность процессов переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением.
4. Способы переноса теплоты, их основные закономерности. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
5. Понятие температурного поля.
6. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.

П. 6.15

1. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
2. Понятие градиента температуры.
3. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
4. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?

5. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
6. Условия однозначности для процессов теплопроводности.

П. 6.16

1. В каких случаях требуется задание начальных условий?
2. Как задаются граничные условия 1 рода?
3. Как задаются граничные условия 2 рода?
4. Как задаются граничные условия 3 рода.
5. Как задаются граничные условия 4 рода?
6. Какой тепловой режим называется стационарным?
7. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
8. Закон Ньютона – Рихмана.
9. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.
10. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.
11. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной плоской стенки при $\lambda = \text{const}$?
12. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?
13. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?
14. Решение д.у. для цилиндрической стенки и граничных условий 1 и 3 го родов.
15. Передача теплоты через многослойную цилиндрическую стенку.
16. Что понимается под процессом теплопередачи?
17. Уравнение теплопередачи.
18. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?
19. Чем отличается α от K ?
20. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
21. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.

П. 6.17

1. Понятие нестационарного теплового режима.
2. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.
3. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл.
4. Понятие безразмерной температуры.
5. Число Био, его физический смысл.
6. Формула и физический смысл числа Фурье.
7. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).
8. Какие тела называются термически массивными?
9. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.
10. Какие тела называются термически тонкими?
11. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
12. Принцип расчета нагревания или охлаждения тел конечных размеров.

П. 6.18

1. В каких средах возможна конвекция?
2. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
3. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
4. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
5. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
6. Режимы движения жидкости.
7. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
8. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).
9. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?
10. Перечислить дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
11. Чем обусловлена вынужденная конвекция?
12. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.
13. Определяющие и определяемые числа подобия.
14. Число Рейнольдса, его физический смысл.
15. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл.
16. Понятие динамического пограничного слоя.
17. Понятие теплового пограничного слоя.
18. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
19. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции
20. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?
21. Структура пограничного слоя при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности.
22. Показать характер изменения теплоотдачи по длине продольно обтекаемой поверхности.
23. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка $(Pr_{ж}/ Pr_{г})^{0,25}$ и что она учитывает?
24. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.
25. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.

П. 6.19

1. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
2. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
3. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?
4. Как определяется режим движения при свободной конвекции?
5. Число Грасгофа, его физический смысл.
6. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.
7. Влияние на интенсивность теплообмена расположения поверхности в пространстве.
8. Принцип расчета переноса теплоты через узкие щели с учетом свободной конвекции.

П. 6.20

1. Физическая сущность процесса теплового излучения.
2. Дайте определение поглощательной способности и степени черноты.

3. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.
4. Понятие собственного излучения.
5. Понятие отражательной способности тела.
6. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способностью тела.
7. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?
8. Понятие результирующего излучения.
9. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?
10. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?
11. Какие тела можно считать серыми?
12. Что такое коэффициент излучения?
13. Закон Планка.
14. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).
15. Сформулируйте закон смещения Вина.
16. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающей среде.
17. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающе - излучающей среде.
18. Оптическая толщина среды.
19. Поглотительная способность газа.
20. Закон Бугера.
21. Число Бугера.
22. Коэффициент ослабления среды.
23. Особенности излучения газов и паров.
24. Какие газы способны излучать и поглощать лучистую энергию?
25. Какие газы можно считать прозрачными для тепловых лучей?
26. Степень черноты газа, ее определение.
27. Использование номограмм для определения степени черноты газов.
28. От чего зависит степень черноты газа.
29. Лучистый теплообмен между газовой средой и поверхностью твердого тела.

Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) «Теория горения топлива и технологии сжигания» и проводится в форме зачета.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ДПК-011-1 Способен анализировать статистические данные периодичности повреждаемости оборудования для выявления причин, планировать безопасные и современные методы ремонтов, контролировать и проверять качество работ		
ДПК-011-1.1	Выявляет причины повреждения оборудования, их частоту, повторяемость, обеспечивает статистический учет	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов к экзамену</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Общие физические и механические свойства жидкости и газа. 2. Силы, действующие в жидкости. 3. Дифференциальное уравнение Эйлера для покоящейся жидкости. 4. Основное уравнение гидростатики. Давление, напор. 5. Анализ влияния параметров потока на характер движения модели потоков: установившийся, неустановившийся, равномерный, неравномерный. 6. Кинематические характеристики потока - линия тока, трубка тока, элементарная струйка. 7. Уравнение сплошности (неразрывности) в дифференциальной и расчетной форме. 8. Дифференциальное уравнение Эйлера для движущейся жидкости. 9. Уравнение Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости. Физический смысл пьезометрического, геометрического и скоростного давлений. 10. Уравнения движения вязкой жидкости в форме Навье-Стокса. 11. Турбулентное движение, ламинарный поток. Критерий Рейнольдса, его физический смысл.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		12. Понятие о подобии физических процессов. Теоремы подобия, числа (критерии) подобия. 13. Потери энергии при движении вязкой жидкости. Гидравлические сопротивления, их классификация. 14. Потери напора и давления на местные сопротивления. 15. Возникновение кавитации в напорных трубопроводах. 16. Истечение жидкости из отверстий и насадок. Коэффициент и степень сжатия струи. Коэффициент скорости и расхода. 17. Движение газов по каналам переменного сечения.
ДПК-011-1.2	Разрабатывает предложения по организации и проведению качественных ремонтов, контролирует выполнение, обеспечивает технической документацией	Пример задания на решение задач из профессиональной области: С использованием библиотечных ресурсов провести поиск информации по теме, заданной преподавателем. Примеры тем: 1. Способы снижения выбросов оксида углерода за счет организации полного горения: перспективы и проблемы 2. Снижение выбросов диоксида углерода на основе производства сухого льда. 3. Тепловое воздействие теплотехнологических агрегатов на персонал, пути решения, трудности. 4. Построить термодинамическую диаграмму процесса производства водяного пара в котельной установке и оценить ее эффективность. 5. Исследовать возможные направления совершенствования данного цикла. 6. Рассказать о термодинамических особенностях процессов обжига природных карбонатов

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

Показатели и критерии оценивания зачета:

На оценку «зачтено» – обучающийся демонстрирует от высокого до порогового уровня сформированности компетенций:

- всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно

оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– 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 **«не зачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач; обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.