



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕПЛОТЕХНИКА

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО

Направленность (профиль/специализация) программы
21.05.04 специализация N 4 "Маркшейдерское дело"

Уровень высшего образования - специалитет

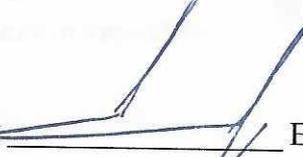
Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	5
Семестр	10

Магнитогорск
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛЮ (приказ Минобрнауки России от 17.10.2016 г. № 1298)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Теплотехнических и энергетических систем
11.02.2020, протокол № 4

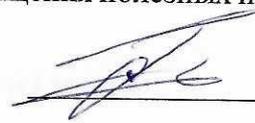
Зав. кафедрой  Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  С.И. Лукьянов

Согласовано:

Зав. кафедрой Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых

 И.А. Гришин

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры ТиЭС

 С.В. Матвеев

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК", канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕПЛОТЕХНИКА

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО

Направленность (профиль/специализация) программы
21.05.04 специализация N 4 "Маркшейдерское дело"

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	5
Семестр	10

Магнитогорск
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04
ГОРНОЕ ДЕЛО (приказ Минобрнауки России от 17.10.2016 г. № 1298)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Теплотехнических и энергетических систем
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой _____ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель _____ С.И. Лукьянов

Согласовано:

Зав. кафедрой Геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных
ископаемых

_____ И.А. Гришин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС, _____ С.В. Матвеев

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК" , канд. техн. наук
_____ В.Н. Михайловский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от 1 сентября 2020 г. № 1

Зав. кафедрой _____ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № __

Зав. кафедрой _____ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № __

Зав. кафедрой _____ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № __

Зав. кафедрой _____ Е.Б. Агапитов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Теплотехника» является: изучение основных понятий и законов термодинамики и теплопередачи, термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических установок, способов передачи теплоты и основ теплового расчета для исследований объектов профессиональной области.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теплотехника входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

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

Гидромеханика

Физика горных пород

Физика

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

Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений

Научно-исследовательская работа

Рациональное использование природных ресурсов

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теплотехника» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	
Знать	основные понятия теплотехники для исследований объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов
Уметь	применять основные понятия теплотехники для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов
Владеть	основными теплотехническими расчетами для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов, навыками обработки данных исследований и их конечной оценке.

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 42,8 акад. часов;
- аудиторная – 42 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,8 акад. часов
- самостоятельная работа – 29,2 акад. часов;

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. 1. Раздел. Термодинамика								
1.1 Понятие термодинамики. Параметры состояния. Законы идеального газа. Понятие о теплоемкости	10	1		4/2И	3	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций	ПК-14
1.2 Первый и второй закон термодинамики. Энтальпия и внутренняя энергия. Понятие об обратимых и необратимых термодинамических		1		2	3	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14
1.3 Понятие энтропии. Циклы. Понятие термического КПД. Основные термодинамические процессы. Политропные процессы.		2		2	3	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14
1.4 Процессы сжатия в компрессоре.		2		2/2И	3	Проработка лекционного материала, решение задач. приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14
1.5 Циклы двигателей внутреннего сгорания (Отто, Дизеля, Тринклера, ГТУ), оценка эффективности их		1			3,2	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14
1.6 Обратные тепловые циклы-циклы холодильных установок. Процессы замораживания грунтов		2		2/2И	3	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму.	ПК-14
Итого по разделу			9		12/6И	18,2		
2. 2 Раздел. Теплопередача								

2.1	Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Стационарная теплопроводность для плоской и цилиндрической стенок	10	1		4/2И	3	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму.	ПК-14
2.2	Нестационарная теплопроводность. Понятие термической массивности. Методы расчета.		1		4/2И	3	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14
2.3	Понятие конвекции. Вывод уравнений подобия. Вынужденная конвекция при обтекании пластины.		1		4/2И	2	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму.	ПК-14
2.4	Вынужденная конвекция при движении жидкостей в трубах. Понятие свободной конвекции.		1		2	2	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму.	ПК-14
2.5	Теплообмен излучением. Закон Стефана-Больцмана.		1		2	1	Проработка лекционного материала, решение задач. Приложение 1.	Конспект лекций, отчет по практикуму.	ПК-14
Итого по разделу			5		16/6И	11			
Итого за семестр			14		28/12И	29,2		зачёт	
Итого по дисциплине			14		28/12И	29,2		зачет	ПК-14

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Теплотехника» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии. Лекционный материал закрепляется на практических занятиях, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе обработки результатов лабораторных стендов. При организации самостоятельной работы студентов используются рукописные версии курса лекций, решения практикума.

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

а) Основная литература:

1. Кириллин В.А., Техническая термодинамика : учебник для вузов / Кириллин В.А. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01156-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011560.html> - Режим доступа: по подписке.

2. Мирам А.О., ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕПЛОМАСООБМЕН / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М.: Издательство АСВ, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-93093-841-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html> - Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Гамазин С.И., Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / Гамазин С.И., Кудрин Б.И. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01134-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011348.html> - Режим доступа : по подписке.

2. Цветков Ф.Ф., Тепломассообмен : учебник для вузов / Цветков Ф.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01172-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html> - Режим доступа: по подписке.

3. Александров А.А., Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учебное пособие для вузов / Александров А.А. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01110-2 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011102.html> - Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие/ Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сеничкин. - 2-е изд.,

подгот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск: МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Пинтя, Т. Н. Экспериментальное исследование процессов термодинамики. Лабораторный практикум: учебное пособие / Т. Н. Пинтя ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1242.pdf&show=dcatalogues/1/1123323/1242.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

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 Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО	https://dlib.eastview.com/
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/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.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	http://link.springer.com/
Международная коллекция научных протоколов по	http://www.springerprotocols.com/
Международная база научных материалов в области	http://materials.springer.com/
Международная база справочных изданий по всем	http://www.springer.com/references
Международная реферативная база данных по	http://zbmath.org/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная	https://www.nature.com/siteindex
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный	https://archive.neicon.ru/xmlui/
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и	https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii

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.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

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

Помещения для самостоятельной работы обучающихся:

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

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**6.1. Вопросы к самостоятельной проработке**Тема 1.1.

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.
7. Объяснить сходство и различие между теплотой и работой. Можно ли их назвать энергиями?
8. Что такое внутренняя энергия? Функцией чего она является и как может быть вычислена? Свойства внутренней энергии.
9. Что такое энтальпия газа? Как она связана с внутренней энергией? Физический смысл энтальпии. Функцией чего она является? Объяснить ее свойства.
10. Как изображаются работа расширения и располагаемая работа на диаграмме состояния в P-v координатах?
11. Что такое массовая, объемная, мольная теплоемкость? Изобарная и изохорная теплоемкость?
12. Почему изобарная теплоемкость больше изохорной? Какая связь между ними?
13. 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?
14. Почему теплоемкость зависит от процесса? Дайте значения теплоемкостей для основных процессов изменения состояния.
15. Выведите уравнение Майера. Для какого газа оно справедливо? Физический смысл индивидуальной и универсальной газовой постоянной?

Тема 1.2.

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 смысл 1-го закона термодинамики.
4. В чем смысл 2-го закона термодинамики.

Тема 1.3.

1. В чем сущность статистического толкования второго закона термодинамики? Физический смысл энтропии. Связь между энтропией и термодинамической вероятностью.
2. Что такое обратимые и необратимые процессы? Изменение энтропии системы в необратимых процессах. Изменение энтропии в адиабатных процессах.
3. Как может изменяться энтропия в изолированной системе при протекании в ней различных термодинамических процессов? Дайте примеры.
4. 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.

Тема 1.4.

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?

Тема 1.5.

1. 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.
2. Как влияет степень сжатия на термический КПД идеального цикла поршневых ДВС и какие факторы ограничивают ее величину?
3. Как влияет степень предварительного расширения на термический КПД идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении?

Тема 1.6:

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 парокompрессионной 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 парокompрессионных холодильных установках?
6. Какие преимущества имеет парокompрессионная холодильная установка по сравнению с воздушной холодильной установкой. Сопоставьте между собой идеальные циклы этих установок в T-s –диаграмме.

Тема 2.1.

1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
2. Понятие температурного поля.
3. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.
4. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
5. Понятие градиента температуры.
6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?
8. называется стационарным?
9. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
10. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
11. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.

Тема 2.2

1. Понятие нестационарного теплового режима.
2. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл.
3. Понятие безразмерной температуры.
4. Число Био, его физический смысл.
5. Формула и физический смысл числа Фурье.
6. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
7. Принцип расчета нагревания или охлаждения тел конечных размеров.
8. Какие теплообменные аппараты работают при нестационарном тепловом режиме?

Тема 2.3.

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. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл.
10. Понятие динамического пограничного слоя.
11. Понятие теплового пограничного слоя.
12. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?

Тема 2.4.

1. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции
2. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.
3. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
4. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
5. Число Грасгофа, его физический смысл.
6. Влияние на интенсивность теплообмена расположения поверхности в пространстве.

7. Принцип расчета переноса теплоты через узкие щели с учетом свободной конвекции.

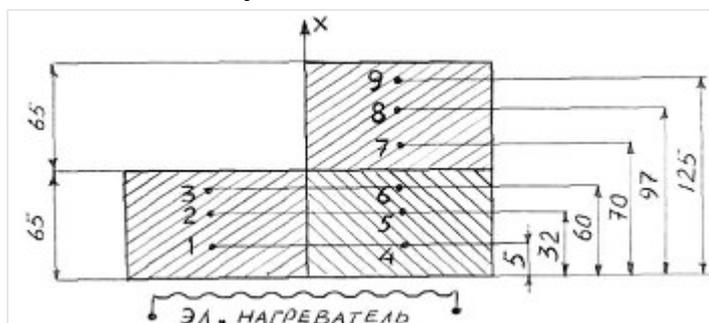
Тема 2.5.

1. Физическая сущность процесса теплового излучения.
2. Сформулировать закон Стефана-Больцмана.
3. В чем смысл оптических свойств среды.
4. Коэффициент поглощения и его смысл
5. Основы расчеты процессов излучения.

6.2. Примерные темы ИДЗ

ИДЗ №1

Даны одно и двухслойная кирпичные стенки. Определить плотность теплового потока теплопроводностью, конвекцией, излучением для исходных данных:



Однослойная стенка			Двухслойная стенка						Температура воздуха в лаборатории
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
224	214	192	202	177	155	147	125	95	25

ИДЗ №2

Трубопровод $d_1/d_2=14/16$ из стали с коэффициентом теплопроводности $46 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ теплоизолирован стекловатой с коэффициентом теплопроводности $0,055 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Внутри протекает вода с температурой $100 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлением 4 кгс/см^2 . Коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней поверхности трубы $2000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Температура окружающей среды $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Какой должна быть толщина тепловой изоляции, чтобы тепловые потери снизились в 2 раза при неизменном коэффициенте теплоотдачи с поверхности трубы и изоляции $15 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$?

ИДЗ №3

Определить число Рейнольдса Re при обтекании пластины длиной $l=5 \text{ м}$ сухим воздухом при температуре $t=30 \text{ }^\circ\text{C}$ со скоростью $w=2 \text{ м/с}$, если коэффициент кинематической вязкости равен $\nu=16\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

6.3. Примерные варианты тестов

1. Изменение состояния термодинамической системы (ТДС) во времени называется:
 1. Диффузией;
 2. Временем релакции;
 3. Релаксацией;
 4. Термодинамическим процессом.

2. Давление:

1. Это масса газа, действующая на стенки сосуда;
2. Это сила, действующая на единицу площади по нормали к ней;
3. Это величина, пропорциональная кинетической энергии тела;
4. Это величина, пропорциональная массе тела.

3. Температура:

1. Это мера потенциальной энергии рабочего тела;
2. Это мера давления тела;
3. Это мера инертности тела;
4. Это мера кинетической энергии рабочего тела.

4. Какая из приведённых физических величин не применяется при вычислении количества теплоты, полученной при нагревании тела?

1. Масса тела;
2. Удельная теплоёмкость вещества;
3. Изменение температуры тела;
4. Размеры тела.

5. Уравнение состояния идеального газа

1. $ds = \frac{\partial q}{T}$;
2. $Q = mc \Delta t$;
3. $\partial q = dh - v dp$;
4. $PV = mR_{уд} T$

6. Универсальная газовая постоянная:

1. $R = 273$;
2. $R = 8314$;
3. $R = 4187$;
4. $R = 287$

7. Размерность удельной газовой постоянной:

1. Дж/кг;
2. Дж/КмольК;
3. Дж/Кмоль;
4. Дж/кг К

8. Уравнение первого закона термодинамики:

1. $\partial q = du + v dp$;
2. $\partial q = dh + v dp$;
3. $\partial q = du - v dp$;
4. $\partial q = du + p dv$

9. Какой параметр влияет на внутреннюю энергию термодинамической системы:

1. Работа;
2. Теплота;
3. Температура;
4. Объем,

10. Удельная работа расширения газа:

1. $l = \int_1^2 P dV$
2. $l = - \int_1^2 P dV$

$$3. \quad l = \int_1^2 d(PV)$$

$$4. \quad l = \int_1^2 dPV$$

11. Уравнение политропного процесса:

$$1. \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$2. \quad P_1 V_1^k = P_2 V_2^k$$

$$3. \quad P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$$

$$4. \quad C_p - C_v = R$$

12. Понятие энтальпии:

$$1. \quad h = q + pv \quad ;$$

$$2. \quad h = u + pv \quad ;$$

$$3. \quad h = T + pv \quad ;$$

$$4. \quad h = u - pv$$

13. Что больше: внутренняя энергия 1 кг воды при 100 °С или внутренняя энергия 1 кг водяного пара при той же температуре?

1. Воды;
2. Пара;
3. Одинаковые, так как одинаковая температура;
4. В зависимости от условий,

14. Какая из физических величин измеряется в Дж/кг·°С?

1. Удельная теплота плавления;
2. Удельная теплота парообразования;
3. Удельная теплоёмкость;
4. Теплота сгорания топлива.

15. Почему воду применяют в качестве теплоносителя?

1. Вода – самое распространённое вещество в природе;
2. Вода имеет большую удельную теплоёмкость;
3. Вода – самое дешёвое вещество;
4. Вода – не вязкая жидкость.

16. В каких единицах измеряется количество теплоты?

1. °С;
2. кг/м;
3. Дж;
4. Н/м.

17. Какую энергию нужно затратить, чтобы нагреть 1000 г чистой воды на 1°С?

1. 4200 Дж;
2. 42000 Дж;
3. 420 кДж;
4. 4200 кДж.

18. Политропическим называется процесс, происходящий при постоянной(ом)

1. Температуре;

2. Давлении;
3. Объеме;
4. Теплоёмкости.

19. Адиабатным процессом называют процесс:

1. Изменения состояния газа в термоизолированной системе;
2. Изменения состояния газа в закрытом сосуде;
3. Изменения параметров газа при постоянном давлении;
4. Изменения параметров газа при постоянной температуре.

20. При постоянной температуре внешние силы над газом совершили работу 300 Дж. Количество теплоты, переданное газу, равно:

1. 0 Дж;
2. 200 Дж;
3. 300 Дж;
4. -300 Дж

21. Идеальный газ находится в закрытом сосуде. Температуру газа повысили в 2 раза. Как изменилась работа газа?

1. Увеличилась в два раза;
2. Уменьшилась в два раза;
3. Равна нулю;
4. Не изменилась.

22. Газу передано 200 Дж теплоты, внешние силы совершили над ним работу 400 Дж. Изменение внутренней энергии газа равно:

1. 200 Дж
2. 600 Дж
3. 400 Дж
4. 0 Дж

23. Какое из нижеприведенных выражений выполняется при адиабатном расширении идеального газа?

1. $\partial q = -\partial l$
2. $\partial q = 0$
3. $\partial q = du$
4. $du = 0$.

24. Второй закон термодинамики формулируется:

1. $C_p - C_v = R$

2. Теплота сама собой не переходит от более нагретого тела к менее нагретому;
3. Теплота сама собой переходит от более нагретого тела к менее нагретому, обратный самопроизвольный переход невозможен;
4. В природе все процессы обратимы.

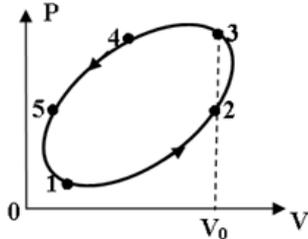
25. Коэффициент полезного действия (эффективность) тепловой машины, работающей по циклу Карно равен:

1. $T_{хол}/(T_{нагр}-T_{хол})$;
2. $(T_{нагр}-T_{хол})/T_{хол}$;

3. $T_{\text{нагр}}/(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})$;

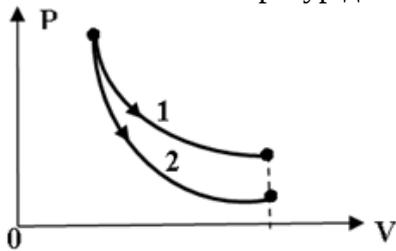
4. $(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})/T_{\text{нагр}}$

36. На рисунке представлен процесс совершаемый идеальным газом. На каком участке отсутствует работа расширения?



1. 4-5
2. 5-1
3. 1-2
4. 2-3

27. На рисунке показано изотермическое и адиабатное расширение одного и того же количества идеального газа. Какое из нижеприведённых соотношений работ и изменений температур для указанных процессов справедливо?



1. $l_1=l_2, dT_1>dT_2$
2. $l_1<l_2, dT_1<dT_2$,
3. $l_1>l_2, dT_1>dT_2$
4. $l_1>l_2, dT_1<dT_2$

28. Приведите размерность чисел подобия

- А) Безразмерны
- Б) Вт/м²
- В) Дж/с

29. Приведите размерность теплового потока

- А) Вт/м²
- Б) Вт
- В) Вт/м³

30. Назовите число Re для турбулентного потока в трубах

- А) $Re<2300$
- Б) $2300<Re<1\cdot 10^4$
- В) $Re>1\cdot 10^4$

31. Приведите уравнение теплопередачи

А) $Q = -\lambda \text{grad}tF$

Б) $Q = \alpha(t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})F$

В) $Q = k\Delta tF$

32. Какая схема движения теплоносителя наиболее выгодна

А) Прямоток

Б) Противоток

В) Сложный ток.

33. Можно ли определить параметры состояния влажного пара по его степени сухости и температуре?

1)-да,

2)-нет

34. При любых ли адиабатных процессах энтропия рабочего тела остается постоянной?

1)-да,

2)-нет

35. Возможны ли процессы теплообмена при одинаковых температурах исследуемых систем?

1)-да,

2)-нет

36. Возможен ли процесс конвективного теплообмена в твердых телах?

1)-да,

2)-нет.

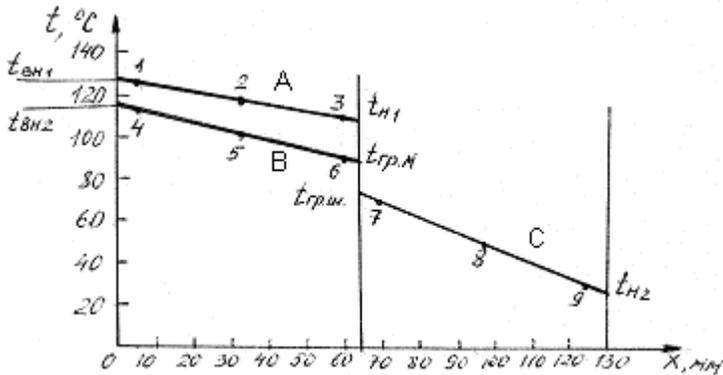
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов		
Знать	основные понятия теплотехники для исследований объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие газы называются идеальными, их уравнение состояния. 2. Сущность и формулировки первого закона термодинамики. 3. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. 4. Показать на $P - V$ диаграмме полезную работу и работу расширения (сжатия) для произвольного термодинамического процесса. 5. Внутренняя энергия и энтальпия как функции состояния, их связь с теплоемкостью. 6. Что называется полной теплоемкостью. 7. Удельная теплоемкость – массовая, объемная и мольная, их обозначение и размерность. 8. Какая теплоемкость больше – изобарная или изохорная и почему. 9. Основные термодинамические процессы, их изображение на $P - V$ и $T - S$ диаграммах. 10. Соотношение параметров для основных термодинамических процессов. 11. Обратимые и необратимые процессы, основные причины необратимости. 12. Изобразить на $T - S$ диаграмме обратимый и необратимый адиабатный процесс расширения и сжатия. 13. Сущность и формулировки второго закона термодинамики. 14. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. 15. Энтропия как функция состояния, физический смысл энтропии. 16. Что называется термодинамическим циклом. 17. Прямые и обратные термодинамические циклы. 18. Как оценить эффективность прямого и обратного цикла. 19. Прямой цикл Карно, его термический КПД, изображение на диаграммах

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>состояния.</p> <p>20. Способы передачи теплоты – теплопроводность, конвекция, тепловое излучение.</p> <p>21. Дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного и нестационарного режимов.</p> <p>22. Закон Фурье для плоской однослойной и многослойной стенки.</p> <p>23. Коэффициент теплопроводности, его определение, физический смысл и размерность.</p> <p>24. Конвективный теплообмен – закон Ньютона – Рихмана.</p> <p>25. Коэффициент теплообмена, его определение, физический смысл и размерность.</p> <p>26. Определение коэффициента теплообмена с помощью теории подобия.</p> <p>27. Формулы и физический смысл критериев Нуссельта, Рейнольдса, Грасгофа и Прандтля.</p> <p>28. Критериальные уравнения для свободной и вынужденной конвекции в общем виде.</p> <p>29. Основной закон теплового излучения – закон Стефана – Больцмана.</p> <p>30. Что называется теплопередачей, основное уравнение теплопередачи.</p> <p>31. Коэффициент теплопередачи, его определение, физический смысл и размерность.</p>
Уметь	применять основные понятия теплотехники для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	<p>1. ЗАДАЧА. Оконный стеклопакет состоит из 3 стекол по 4 мм каждый. Между стеклами находятся слои сухого неподвижного воздуха толщиной 10 мм. Площадь поверхности окна 3 м². Разность температур на внешних поверхностях стекол 30 °С. Определить потери теплоты через окно, если коэффициенты теплопроводности стекла $\lambda_{ст} = 0,74 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, воздуха $\lambda_{возд} = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$.</p> <p>2. ЗАДАЧА. Определить плотность теплового потока (q, Вт/м²) в процессе теплопередачи от дымовых газов к кипящей пароводяной смеси через</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>стальную стенку толщиной $\delta = 8$ мм. Температура газов $t_1 = 1000$ °С, температура смеси $t_2 = 200$ °С. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 40$ Вт/м²·К, от стенки к пароводяной смеси $\alpha_2 = 4000$ Вт/м²·К, коэффициент теплопроводности стенки $\lambda = 40$ Вт/м·К. Рассчитать также температуры стенки с обеих сторон t_{c1} и t_{c2}.</p> <p>3. ЗАДАЧА: Какую толщину должна иметь изоляция, если ее наложить на плоскую стальную стенку толщиной 20 мм, чтобы тепловые потери уменьшились в два раза. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_m = 40$ Вт/м К, а материала изоляции $\lambda_{и} = 0,125$ Вт/м К, коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки $\alpha_1 = 500$ Вт/м² К, а с другой $\alpha_2 = 80$ Вт/м² К.</p> <p>4. ЗАДАЧА. По чугунному трубопроводу диаметром $d_2 = 50$ мм, $d_1 = 44$ мм движется пар с температурой 315 °С. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе $\alpha_1 = 120$ Вт/м² К. Температура окружающего воздуха 20 °С, коэффициент теплоотдачи $\alpha_2 = 12$ Вт/м² К. Найти тепловые потери, если трубопровод изолирован слоем пеношамота $\delta = 50$ мм. $\lambda_{\text{пеношамота}} = 0,3$ Вт/м К, $\lambda_{\text{чугуна}} = 90$ Вт/м К.</p> <p>5. ЗАДАЧА. Для уменьшения потерь теплоты от паропровода диаметром $d_2 = 25$ мм предлагаются изоляционные материалы: асбест $\lambda = 0,151$ Вт/м·К, стекловата $\lambda = 0,047$ Вт/м·К. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде $\alpha_2 = 8$ Вт/м²·К.</p>
Владеть	основными теплотехническими расчетами для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов, навыками обработки данных исследований и их	<p>Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Пример:</p> <p>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</p> <p>1. Найти средние значения температуры для каждой из точек стенки: 1, 2,... 9.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>конечной оценке.</p>	<p>2. Построить график в координатах $t - x$, где x - координата; она определяется расстоянием от начала оси абсцисс до точки, соответствующей месту установки термопары. Провести прямые линии через точки 1,2,3 в однослойной стенке; через точки 4,5,6, а также через точки 7,8,9 - в двухслойной стенке (образец построения графика представлен на рис. 1).</p> <p>Для определения температуры внутренней поверхности обеих стенок $t_{вн1}$ и $t_{вн2}$ нужно продолжить линии А и В до пересечения с ординатой $x = 0$; для определения температуры наружной поверхности однослойной стенки $t_{н1}$ необходимо продолжить линию А до границы $x = 65$ мм, а для определения температуры наружной поверхности двухслойной стенки $t_{н2}$ - линию С необходимо продолжить до границы $x = 130$ мм.</p>  <p>Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок</p> <p>Температура на границе раздела двух кирпичей теоретически должна быть одинаковой для шамотного и магнезитового кирпичей ($t_{гр.ш} = t_{гр.м}$) и соответствовать точке пересечения линий В и С. Если в результате опыта этого не получилось, надо выявить возможные причины несовпадения.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.</p> <p>Для однослойной стенки $\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{вн1} + t_{н1})$</p> <p>Для двухслойной стенки $\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{зр})$</p> <p>$\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{зр} + t_{н2})$</p> <p>где $t_{зр} = 0,5(t_{зр.ш} + t_{зр.м})$,</p> <p>$t_{гр.ш}$- температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;</p> <p>$t_{гр.м}$ - температура поверхности магнезитового кирпича на границе с шамотным кирпичом.</p> <p>4. Определить значения коэффициентов теплопроводности магнезитового кирпича по $\bar{t}_{м1}$ и $\bar{t}_{м2}$ и шамотного по $\bar{t}_{ш2}$, соответствующие их средним температурам</p> <p>$\lambda_{м} = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{м}$. Вт/м*К ;</p> <p>$\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{ш}$. Вт/м*К.</p> <p>5. Определить плотность теплового потока, передаваемого через стенку теплопроводностью:</p> <p>для однослойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн1} - t_{н1}}{\delta_m / \lambda_m} ;$ <p>для двухслойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн2} - t_{н2}}{\frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m}} ;$ <p>6. Определить потери теплоты излучением $q_{изл.}$ с наружных поверхностей, используя уравнение</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$q_{изл} = \varepsilon_c c_0 \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{жс}}{100} \right)^4 \right]$ <p>где $c_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; ε_c – степень черноты стенки (в данной работе $\varepsilon_c = 0,8$); T_n и $T_{жс}$ – абсолютные температуры наружной поверхности однослойной и двухслойной стенок и окружающей среды, К. Для однослойной стенки $T_n = T_{n1}$; для двухслойной $T_n = T_{n2}$;</p> <p>7. Определить число подобия Грасгофа</p> $Gr = \frac{g l^3}{\nu^2} \beta \Delta t$ <p>где g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; l – определяющий размер (для горизонтальных плоских поверхностей это размер меньшей стороны), $l = 0,115 \text{ м}$; ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; определяется по температуре пограничного слоя $\nu_{пс} = 0,5(t_n + t_{жс})$; β – температурный коэффициент объемного расширения, град-1; для газов $\beta = \frac{1}{T_{жс}} = \frac{1}{273 + t_{жс}}$; $\Delta t = t_n - t_{жс}$ – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, град.</p> <p>8. Число подобия Прандтля Pr определить при температуре пограничного слоя $\nu_{пс}$. 9. Рассчитать число Нуссельта по уравнению подобия</p> $Nu = c (Gr \cdot Pr)^n \varepsilon$ <p>где значения "С" и "n" – константы, зависящие от комплекса $(Gr \cdot Pr)$; они приведены в табл. 1 Приложения [в] 2];</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства														
		<p>ε - поправочный коэффициент. Так как теплоотдающая поверхность обращена кверху, то в уравнение подобия вводится поправка ε = 1,3, то есть полученное по расчету значение Nu (или α) увеличивается на 30 %.</p> <p>Значения числа Прандтля Pr, кинематической вязкости ν и коэффициента теплопроводности λ для воздуха при различных температурах приведены в табл. 2 Приложения.</p> <p>10. Определить коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией α_к из числа Нуссельта</p> $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} ;$ $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l} .$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией q_к для одно- и двухслойной стенки по закону Ньютона - Рихмана</p> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{жк})$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>1. Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p style="text-align: center;">Сравнение результатов опыта</p> <table border="1" data-bbox="925 1145 2069 1404"> <thead> <tr> <th data-bbox="925 1145 1140 1316" rowspan="2">Стенка</th> <th colspan="2" data-bbox="1140 1145 1854 1182">Плотность теплового потока, Вт/м²</th> <th data-bbox="1854 1145 2069 1316" rowspan="2">Погрешность по отношению к qt, %</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1140 1182 1429 1316">отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением αΣ</th> <th data-bbox="1429 1182 1854 1316">передаваемого внутри стенкитеплопроводностью qt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="925 1316 1140 1358">Однослойная</td> <td data-bbox="1140 1316 1429 1358"></td> <td data-bbox="1429 1316 1854 1358"></td> <td data-bbox="1854 1316 2069 1358"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="925 1358 1140 1404">Двухслойная</td> <td data-bbox="1140 1358 1429 1404"></td> <td data-bbox="1429 1358 1854 1404"></td> <td data-bbox="1854 1358 2069 1404"></td> </tr> </tbody> </table>	Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м ²		Погрешность по отношению к qt, %	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением αΣ	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью qt	Однослойная				Двухслойная			
Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м ²			Погрешность по отношению к qt, %												
	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением αΣ	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью qt														
Однослойная																
Двухслойная																

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теплотехника» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Показатели и критерии оценивания:

– **зачтено** – 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.

- **не зачтено** - обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.