

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич
Должность: Директор
Дата подписания: 15.12.2021 15:42:02
Уникальный программный ключ:
b683afe664d7e9f64175886cf9626a198149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО-
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет Естественнонаучный
Кафедра Технологии и общетехнических дисциплин

Утверждено
на заседании кафедры
протокол № 1 от 29.08.2018
Зав. кафедрой

 Широкова С.Ю.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина Техническая термодинамика

Блок Б1, вариативная часть, Б1.В.ДВ.05.02

цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору)

18.03.01 Направление подготовки
код Химическая технология
наименование направления или специальности

Программа

Технология и переработка полимеров

Разработчик (составитель)

к.т.н., доцент

Т.Г. Белобородова

ученая степень, ученое звание, ФИО


подпись

29.08.2018

дата

Оглавление

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).....	3
1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы.....	3
1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	3
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	3
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах) ...	4
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам).....	5
5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	6
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	8
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	8
6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	11
6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	44
7. Учебно-методическое информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	45
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	45
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля).....	46
7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....	47
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	47
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).....	47

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший программу высшего образования, в рамках изучаемой дисциплины, должен обладать компетенциями, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа:

1. способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);
2. готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19).

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Этапы формирования компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1)</i>	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: термодинамическую терминологию, законы получения и преобразования тепловой энергии.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: составлять математические модели теплоэнергетических процессов; выполнять математические расчеты теплообменных процессов и аппаратов.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: навыками применения основных законов термодинамики и теплообмена к решению конкретных прикладных задач; навыками работы со справочной литературой.
<i>Готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19)</i>	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: устройство и принцип действия тепловых машин и аппаратов; виды топлива и источники энергии, экологические вопросы энергетики; основные законы теплообмена.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать со справочной литературой.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: навыками решения прикладных термодинамических задач.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется в рамках *вариативной* части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математика, физика, физическая химия, материаловедение.

Дисциплина изучается по заочной форме обучения 5 л на 3 курсе в 5 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единицы (з.е.), 144 академических часа.

Объем дисциплины	Всего часов
	Заочная форма обучения (5 л)
Общая трудоемкость дисциплины	144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	12,2
лекций	4
практических	8
лабораторных	
контроль самостоятельной работы	
формы контактной работы (консультации перед экзаменом, прием экзаменов и зачетов, выполнение курсовых, контрольных работ)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	128
Учебных часов на контроль:	
зачет	3,8

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Заочная форма (5 л)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СРС
		Лек	Сем/Пр	Лаб	
1.	Раздел 1. Техническая термодинамика	2	6		40
1.1.	Основные понятия термодинамики.	0,5	1		9
1.2.	Первый закон термодинамики и его приложение к термодинамическим процессам.	0,5	2		9
1.3.	Круговые процессы. Второй закон термодинамики.	0,5	1		10
1.4.	Водяной пар и термодинамические циклы паросиловых установок. Влажный воздух.	0,5	2		12
2.	Раздел 2. Теория теплообмена	2	2		38
2.1.	Способы распространения тепла и виды теплообмена. Теплопроводность.	1	1		12
2.2.	Конвективный теплообмен и излучение.	1	1		12
2.3.	Сложный теплообмен. Расчет теплообменных аппаратов.	-	-		14
3.	Раздел 3. Термодинамические циклы тепловых двигателей и установок. Экологические проблемы энергети-	-	-		48

	ки.				
3.1.	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС).	-	-		11
3.2.	Теплоэнергетические установки: компрессорные, холодильные, газотурбинные установки.	-	-	-	15
3.3.	Источники энергии топливные ресурсы.	-	-	-	11
3.4.	Антропогенное влияние энергетики на окружающую среду.	-	-	-	13
	ИТОГО	4	8		128

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Раздел 1. Техническая термодинамика	
1.1.	Основные понятия термодинамики.	Техническая термодинамика. Теория теплообмена. Тепловые машины. Теплоэнергетические установки. Идеальный газ. Термодинамическая система, рабочее тело, термодинамические процессы. Уравнение состояния идеального газа. Термодинамическая система изолированная, адиабатная, закрытая, открытая, теплота и работа, параметры, параметры состояния, равновесный процесс, неравновесный процесс, удельный объем, абсолютное давление, абсолютная температура. Смеси идеальных газов.
1.2.	Первый закон термодинамики и его приложение к термодинамическим процессам.	Вычисление работы деформации газа. Теплоемкость. Удельная теплоемкость, молярная теплоемкость. Изохорная теплоемкость. Изобарная теплоемкость. Вычисление теплоты. Внутренняя энергия. Термодинамические процессы: изометрический, изобарный, изохорный, адиабатный, политропный. Энтальпия, энтропия, I закон термодинамики. Измерение внутренней энергии рабочего тела. Анализ термодинамических процессов. Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Политропные процессы, изображение в координатах pV и TS . Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермный и адиабатный и их исследование на основе первого закона термодинамики.
1.3.	Круговые процессы. Второй закон термодинамики.	Круговые процессы. Полезная работа, полезная теплота. Цикл теплового двигателя. Цикл холодильной установки. I закон термодинамики для круговых процессов. Цикл Карно. II закон термодинамики. Теплоотдачик, теплоприемник. Вечный двигатель второго рода. Термический КПД цикла.
1.4.	Водяной пар и термодинамические циклы паросиловых установок. Влажный воздух.	Водяной пар, испарение, кипение, сухой насыщенный пар, перегретый пар. Процесс парообразования на Pv -диаграмме. Энтальпия водяного пара. Ts -, Is - диаграммы водяного пара. Графоаналитический расчет процессов с водяным паром. Паротурбинная установка. Цикл Ренкина, цикл Карно. Типы паровых турбин. Влажный воздух. Абсолютная влажность, влагосодержание и относительная влажность воздуха. id -диаграмма влажного воздуха.
2.	Раздел 2. Теория теплообмена	
2.1.	Способы распространения тепла и виды теплообмена. Теплопроводность.	Способы переноса тепла. Теплообмен, теплопроводность, конвекция, свободная конвекция, вынужденная конвекция, излучение. Изотермическая поверхность, коэффициент теплопроводности. Основной закон теплопроводности. Теплопроводность плоской однослойной стенки при стационарном режиме. Теплопроводность плоской многослойной стенки при стационарном режиме. Тепло-

		проводность цилиндрической стенки при стационарном режиме.
2.2.	Конвективный теплообмен и излучение.	Общие понятия и определения. Основы теории подобия. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплообмен излучением. Оптические свойства тел. Степень черноты. Основные законы теплового излучения. Закон Стефана-Больцмана.

Курс практических занятий

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Раздел 1. Техническая термодинамика	
1.1.	Основные понятия термодинамики.	Практическое занятие №1 Основные параметры состояния идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов.
1.2.	Первый закон термодинамики и его приложение к термодинамическим процессам.	Практическое занятие №2. Вычисление тепловых функций состояния рабочего тела: изменения энтальпии, энтропии, внутренней энергии. Изохорный и изобарный процессы с идеальным газом. Изотермический и адиабатный процессы с идеальным газом.
1.3.	Круговые процессы. Второй закон термодинамики.	Второй закон термодинамики и его следствия. Определение термического КПД цикла.
1.4.	Водяной пар и термодинамические циклы паросиловых установок. Влажный воздух.	Практическое занятие № 3. Графоаналитический метод расчета процессов с водяным паром. Расчет параметров влажного воздуха.
2.	Раздел 2. Теория теплообмена	
2.1.	Способы распространения тепла и виды теплообмена. Теплопроводность.	Практическое занятие №4. Теплопроводность в плоских однослойных и многослойных стенках. Расчет конвекции при свободном движении воздуха.
2.2.	Конвективный теплообмен и излучение.	

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№ пп	Раздел дисциплины	Вопросы для самостоятельного рассмотрения	Форма контроля
1	2	3	5
1	Техническая термодинамика	<p>Параметры состояния рабочего тела. Физическое состояние рабочих тел. Идеальный газ. Уравнение состояния для однородного идеального газа. Обратимые и необратимые процессы. Теплоемкость газа.</p> <p>Вычисление работы деформации газа. Вычисление теплоты. Внутренняя энергия. Термодинамические процессы: изотермический, изобарный, изохорный, адиабатный, политропный. Энтальпия, энтропия, I закон термодинамики. Измерение внутренней энергии рабочего тела.</p> <p>Анализ термодинамических процессов. Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Политропные процессы, изображение в координатах pV и TS. Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермный и адиабатный и их исследование на основе первого закона термодинамики.</p> <p>Циклы тепловых и холодильных установок. Второй закон термодинамики. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для изолированной системы. Ts – диаграмма. Цикл Карно.</p> <p>Паротурбинные установки. Циклы Карно и Ренкина для во-</p>	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты СКР, реферат, зачет

		дяного пара.	
2	Теория теплообмена	Теплопроводность плоской многослойной стенки при стационарном режиме. Теплопроводность цилиндрической стенки при стационарном режиме. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки при стационарном режиме. Теплообмен излучением. Оптические свойства тел. Степень черноты. Основные законы теплового излучения. Закон Стефана-Больцмана. Сложный теплообмен. Основное уравнение теплопередачи. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки. Классификация теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса. Расчет теплообменных аппаратов.	Проверка знаний во время контрольных срезов, защита СКР, реферат, зачет
3	Раздел 3. Термодинамические циклы тепловых двигателей и установок. Экологические проблемы энергетики.	Цикл со смешанным подводом теплоты. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания. Компрессорные установки. Мощность привода и КПД компрессора. Многоступенчатый компрессор. Холодильные машины. Принципиальные схемы. Принцип действия. Идеальные циклы. Газотурбинные установки: циклы, схемы, параметры характерных точек цикла Брайтона, энергетические характеристики цикла, способы повышения КПД. Классификация органических топлив по агрегатному состоянию. Характеристика топлива. Физический процесс горения топлива. Моторные топлива для поршневых ДВС. Возобновляемые и невозобновляемые энергоресурсы. Солнечная, ветровая, геотермальная энергия, энергия воды и т.п. Перспективы развития энергетики. Основные загрязнители окружающей среды от энергетики. Антропогенное загрязнение атмосферы. Антропогенное загрязнение гидросферы. Антропогенное влияние на тепловой баланс Земли.	Проверка знаний во время контрольных срезов, защита СКР, реферат, зачет

Список учебно-методических материалов для самостоятельного изучения:

1. Белобородова Т.Г. Техническая термодинамика. Электронный учебный курс. – Режим доступа к ресурсу: <http://sdo.strbsu.ru/course/view.php?id=1214> (21.08.18).
2. Белобородова Т.Г. Теоретические основы гидравлики и теплотехники: Учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «050100.62 – Педагогическое образование», профиль «Технология». – Стерлитамак: Стерлитамакский филиал БашГУ, 2014. – 229 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

Планируемые результаты освоения образовательной программы	Этап	Показатели и критерии оценивания результатов обучения				Вид оценочного средства
1.	2.	3.				4.
		неуд.	удовл.	хорошо	отлично	
<p><i>Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1)</i></p>	1 этап: Знания	Фрагментарные представления о термодинамической терминологии, законах получения и преобразования тепловой энергии.	В целом сформированные, но неполные знания о термодинамической терминологии, законах получения и преобразования тепловой энергии.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о термодинамической терминологии, законах получения и преобразования тепловой энергии.	Сформированные систематические знания о термодинамической терминологии, законах получения и преобразования тепловой энергии.	Тестовые задания
	2 этап: Умения	Фрагментарное умение составлять математические модели теплоэнергетических процессов; выполнять математические расчеты теплообменных процессов и аппаратов, ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать со справочной литературой.	В целом успешное, но не систематическое умение составлять математические модели теплоэнергетических процессов; выполнять математические расчеты теплообменных процессов и аппаратов, ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение составлять математические модели теплоэнергетических процессов; выполнять математические расчеты теплообменных процессов и аппаратов, ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных техноло-	Сформированное умение применять составление математических моделей теплоэнергетических процессов; выполнять математические расчеты теплообменных процессов и аппаратов, ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать со справочной лите-	Задания к письменной контрольной работе

			со справочной литературой.	гических процессов; работать со справочной литературой.	ратурой.	
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Фрагментарное владение навыками применения основных законов термодинамики и теплообмена к решению конкретных прикладных задач; навыками работы со справочной литературой.	В целом успешное, но не полное владение навыками применения основных законов термодинамики и теплообмена к решению конкретных прикладных задач; навыками работы со справочной литературой.	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владения навыками применения основных законов термодинамики и теплообмена к решению конкретных прикладных задач; навыками работы со справочной литературой.	Сформированное владение навыками применения основных законов термодинамики и теплообмена к решению конкретных прикладных задач; навыками работы со справочной литературой.	Самостоятельная контрольная работа
<i>Готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19)</i>	1 этап: Знания	Фрагментарные представления о устройстве и принципах действия тепловых машин и аппаратов; видах топлива и источниках энергии, экологических вопросах энергетики; основных законы теплообмена.	В целом сформированные, но неполные знания о устройстве и принципах действия тепловых машин и аппаратов; видах топлива и источниках энергии, экологических вопросах энергетики; основных законы теплообмена.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о устройстве и принципах действия тепловых машин и аппаратов; видах топлива и источниках энергии, экологических вопросах энергетики; основных законы теплообмена.	Сформированные систематические знания о устройстве и принципах действия тепловых машин и аппаратов; видах топлива и источниках энергии, экологических вопросах энергетики; основных законы теплообмена.	Тестовые задания
	2 этап: Умения	Фрагментарное умение ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать со справочной литературой.	В целом успешное, но не систематическое умение ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать со справочной литературой.	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать со справочной лите-	Сформированное умение ставить и решать задачи получения, преобразования и использования теплоты для различных технологических процессов; работать со справочной литературой.	Задания к письменной контрольной работе

				ратурой.		
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Фрагментарное владение навыками решения прикладных термодинамических задач.	В целом успешное, но не полное владение навыками решения прикладных термодинамических задач.	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владения навыками решения прикладных термодинамических задач.	Сформированное владение навыками решения прикладных термодинамических задач.	Самостоятельная контрольная работа

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Тестовые задания

Тестовые задания для оценки уровня сформированности компетенции **ОПК-1** на этапе «Знания»

1.1. Основные законы идеальных газов

Задание 1: Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона) имеет вид

- Ответы: 1). $P = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \frac{m \cdot w^2}{2}$ 2). $P \cdot v = \text{const}$
 3). $PV = RT$ 4). $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ 5). $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$

Задание 2 Закон Шарля (закон изохорного процесса) имеет вид

- Ответы: 1). $P \cdot v = \text{const}$ 2). $PV = RT$ 3). $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$
 4). $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ 5). $P = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \frac{m \cdot w^2}{2}$

Задание 3: Закон Бойля–Мариотта (закон изотермического процесса) имеет вид

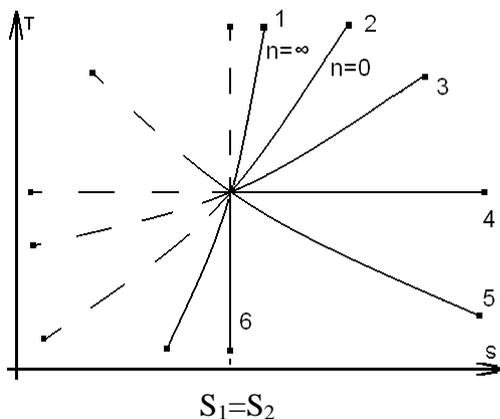
- Ответы: 1). $PV = RT$ 2). $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ 3). $P \cdot v = \text{const}$
 4). $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ 5). $P = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \frac{m \cdot w^2}{2}$

Задание 4: Закон Гей–Люссака (закон изобарного процесса) имеет вид

- Ответы: 1). $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ 2). $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ 3). $P \cdot v = \text{const}$
 4). $PV = RT$ 5). $P = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \frac{m \cdot w^2}{2}$

1.2. Термодинамические процессы

Задание 5: Из предложенных вариантов выбрать изображение изобарного процесса в диаграмме T–S

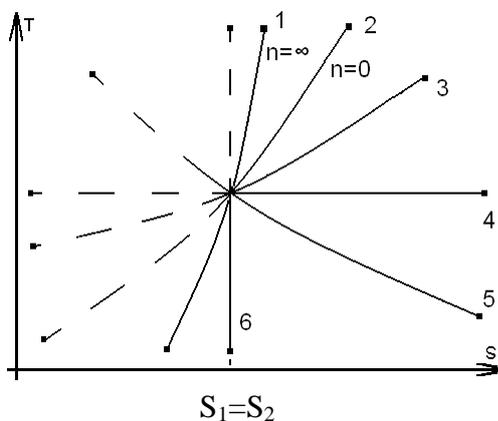


- Ответы: 1). процесс 1 2). процесс 2 3). процесс 4

4). процесс 5

5). процесс 6

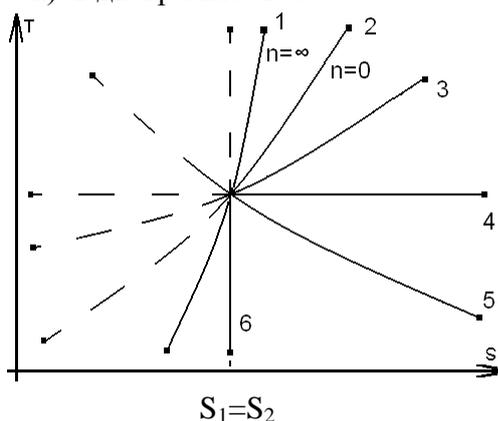
Задание 6: Из предложенных вариантов выбрать изображение изохорного процесса в диаграмме T-S



Ответы: 1). процесс 6
3). процесс 4
5). процесс 1

2). процесс 5
4). процесс 2

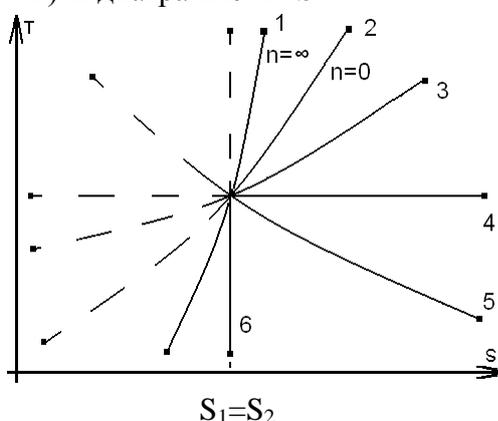
Задание 7: Из предложенных вариантов выбрать изображение политропного процесса ($1 < n < \kappa$) в диаграмме T-S



Ответы: 1). процесс 2
3). процесс 1
5). процесс 6

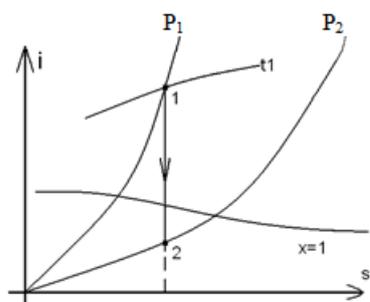
2). процесс 3
4). процесс 5

Задание 8: Из предложенных вариантов выбрать изображение политропного процесса ($0 < n < 1$) в диаграмме T-S



Ответы: 1). процесс 1
3). процесс 3
5). процесс 5

2). процесс 2
4). процесс 4



$S_1=S_2$
рисунок 1

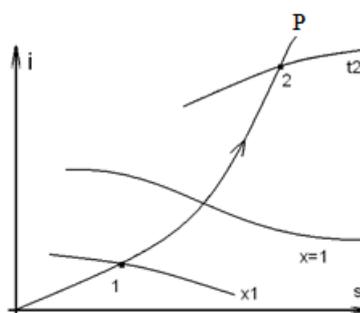


рисунок 2

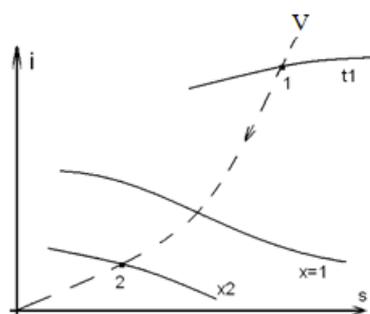


рисунок 3

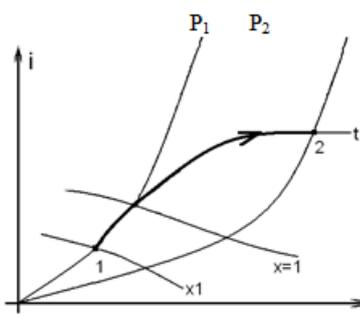
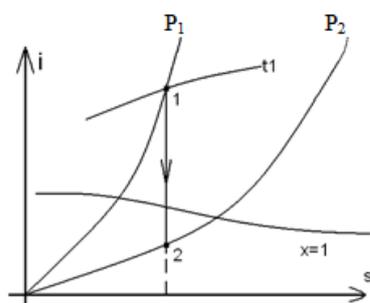


рисунок 4

- Ответы: 1).рисунок 1 2). рисунок 2 3). рисунок 3
 4).рисунок 4 5). иной вариант ответа

Задание 19: Из предложенных вариантов выбрать изображение в диаграмме изохорного процесса с водяным паром



$S_1=S_2$
рисунок 1

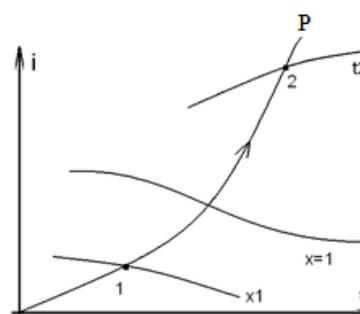


рисунок 2

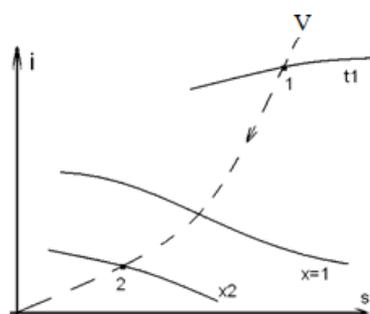


рисунок 3

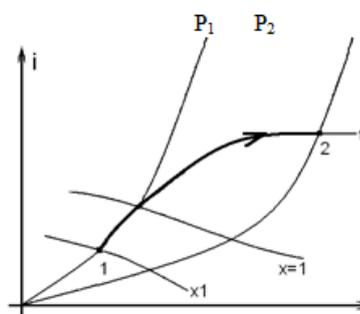
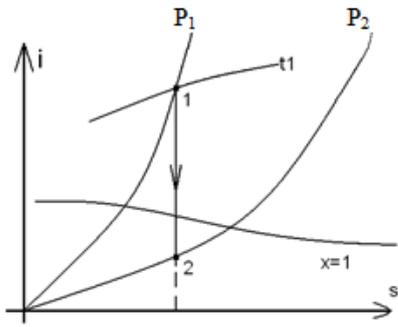


рисунок 4

- Ответы: 1).рисунок 1 2). рисунок 2 3). рисунок 3
 4).рисунок 4 5). иной вариант ответа

Задание 20: Из предложенных вариантов выбрать изображение в диаграмме S-i изотермического процесса с водяным паром



$S_1=S_2$
рисунок 1

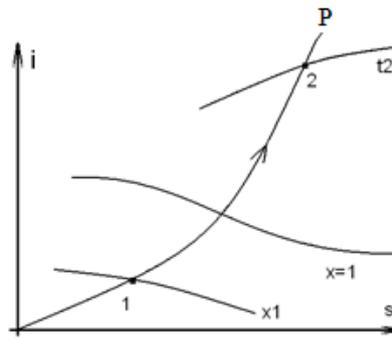


рисунок 2

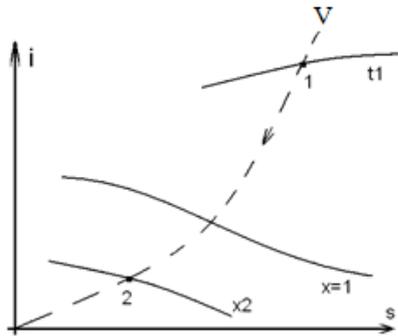


рисунок 3

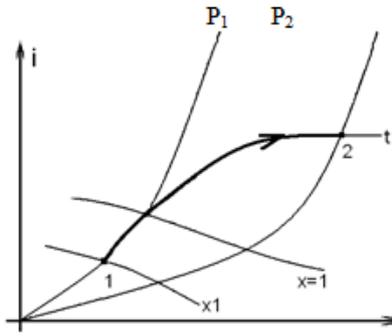
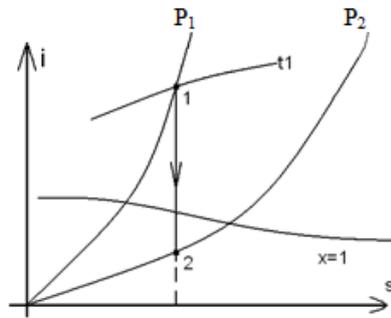


рисунок 4

Ответы: 1).рисунок 1
4).рисунок 4

2). рисунок 2 3). рисунок 3
5). иной вариант ответа

Задание 21: Из предложенных вариантов выбрать изображение в диаграмме S–i изобарного процесса с водяным паром



$S_1=S_2$
рисунок 1

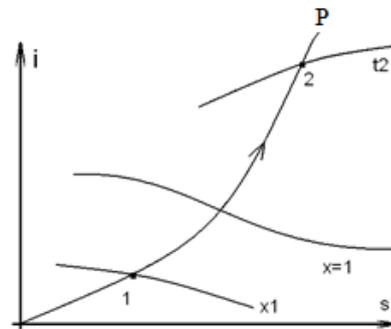


рисунок 2

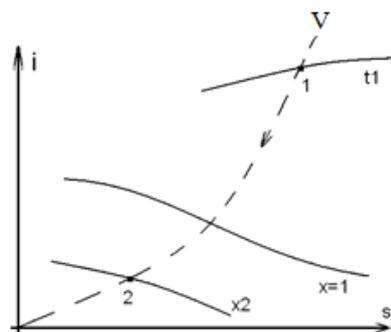


рисунок 3

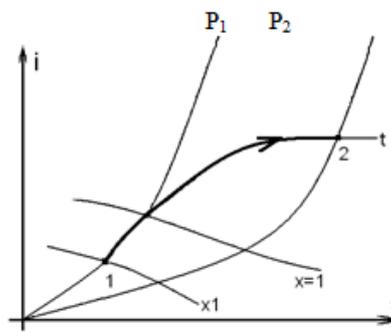


рисунок 4

Ответы: 1).рисунок 1
4).рисунок 4

2). рисунок 2 3). рисунок 3
5). иной вариант ответа

Тестовые задания для оценки уровня сформированности компетенции **ПК-19** на этапе «Знания»

2 Теория теплообмена

2.1. Основные определения, понятие теплового потока, плотности теплового потока

Задание 1: Теплопроводность – это

Ответ: 1) Передача тепла молекулярной диффузией;

2) Перенос теплоты, осуществляемый при перемешивании и перемещении всей массы неравномерно нагретой жидкости или газа

3) Передача тепла между двумя телами, разделенными полностью или частично пропускающей излучение средой.

4) Все перечисленное.

Задание 2: Конвекция – это

Ответ: 1) Молекулярный процесс передачи тепла

2) Перенос теплоты, осуществляемый при перемешивании и перемещении всей массы неравномерно нагретой жидкости или газа

3) Передача тепла между двумя телами, разделенными полностью или частично пропускающей излучение средой.

4) Иной вариант ответа

5) Все перечисленное

Задание 3: Излучение – это

Ответ: 1) Молекулярный процесс передачи тепла

2) Перенос теплоты, осуществляемый при перемешивании и перемещении всей массы неравномерно нагретой жидкости или газа

3) Передача тепла между двумя телами, разделенными полностью или частично пропускающей излучение средой.

4) Иной вариант ответа

Задание 4: Дайте определение плотности теплового потока, q , $\frac{\dot{A} \delta}{i^2}$

Ответ: 1) Количество тепла, которое передается от горячей среды к холодной через стенку, площадью 1 м^2 , в единицу времени при разности температур сред в 1°C

2) Количество тепла, проходящее через 1 м длины цилиндрической стенки в единицу времени

3) Количество тепла, проходящее через 1 м^2 поверхности в единицу времени

4) Количество тепла, которое передается от горячей среды к холодной через 1 м длины цилиндрической трубы в единицу времени при разности температур сред в 1°C

5) Иной вариант ответа

Задание 5: Коэффициент теплопроводности зависит от:

Ответ: 1) Природы рабочего тела; температуры; поверхности соприкосновения; влажности;

2) Природы рабочего тела; температуры; влажности; пористости;

3) Природы рабочего тела; поверхности соприкосновения; влажности; пористости;

4) Поверхности соприкосновения; температуры; влажности; пористости;

5) Природы рабочего тела; поверхности соприкосновения; температуры; влажности; пористости.

2.2. Теплопроводность в плоских одно- и многослойных стенках

Задание 6: Уравнение теплопроводности через плоскую двухслойную стенку имеет вид

Ответ: 1). $q = \alpha(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ 2). $q = K(t_{\text{в}_1} - t_{\text{в}_2})$ 3). $q = \frac{\lambda(t_{c_1} - t_{c_2})}{\delta}$

4). $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$ 5). $q = \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$

Задание 7: Коэффициент теплопроводности имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1). $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ 2). $\frac{А\dot{Q}}{i^2}$ 3). $\frac{А\dot{Q}}{i}$ 4). $\frac{А\dot{Q}}{i \cdot \hat{E}}$ 5). $\frac{А\dot{Q}}{\hat{E}}$

Задание 8: Термическое сопротивление теплопроводности плоской стенки имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1). $\frac{i^2 \cdot \hat{E}}{А\dot{Q}}$ 2). $\frac{i \cdot \hat{E}}{А\dot{Q}}$ 3). $\frac{А\dot{Q}}{i^2 \cdot \hat{E}}$ 4). $\frac{А\dot{Q}}{i \cdot \hat{E}}$ 5). $\frac{А\dot{Q}}{i^2}$

Задание 9: формула основного закона теплопроводности – закона Фурье имеет вид

Ответ: 1). $Q = F \cdot \alpha(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ 2). $Q = F \cdot K(t_{\text{в}_1} - t_{\text{в}_2})$ 3). $Q = F \cdot \lambda \cdot \tau \cdot \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\delta}$

4). $Q = F \cdot \frac{t_{\text{в}_1} - t_{\text{в}_2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$ 5). Иной вариант ответа

2.3. Теплопроводность в цилиндрических одно- и многослойных стенках

Задание 10: Уравнение теплопроводности через цилиндрическую двухслойную стенку имеет вид

Ответ: 1). $q = \alpha(t_{\text{жс}} - t_{\text{см}})$ 2). $q = K(t_{\text{в}_1} - t_{\text{в}_2})$ 3). $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$

4). $q = \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$ 5). $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$

Задание 11: Уравнение термического сопротивления теплопроводности цилиндрической стенки, имеет вид:

1) $\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_1}{d_2}$ 2) $\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$ 3) $\frac{2}{\lambda} \ln \frac{d_1}{d_2}$ 4) $\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$ 5) $\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_1}{d_2}$

Задание 12: Уравнение теплопроводности через многослойную цилиндрическую стенку, имеет вид:

1) $q_l = \frac{\pi(t_{c_2} - t_{c_1})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_{i+1}}}$ 2) $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$ 3) $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$ 4) $q_l = \frac{\pi(t_{c_2} - t_{c_1})}{\sum_{i=1}^n \frac{2}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$

5) $q_l = \frac{2\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$

Задание 13: Величина эквивалентного коэффициента теплопроводности для цилиндрической стенки имеет вид:

$$1) \lambda_{\text{эк}} = \frac{2 \sum \ln d_{i+1} / d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln d_{i+1} / d_i} \quad 2) \quad \lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1} \cdot d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln d_{i+1} \cdot d_i} \quad 3) \quad \lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1} / d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{2}{\lambda_i} \ln d_{i+1} / d_i} \quad 4)$$

$$\lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1} / d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln d_{i+1} / d_i} \quad 5) \quad \lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1} / d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln d_{i+1} / d_i}$$

2.4. Уравнение теплоотдачи

Задание 14: Уравнение теплоотдачи имеет вид

Ответ: 1). $q = K(t_{\text{в}1} - t_{\text{в}2})$ 2). $q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}$ 3). $q_l = \frac{\pi(t_{c1} - t_{c2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$

4). $q = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$ 5). $q = \alpha(t_{\text{в}} - t_{\text{н}0})$

Задание 15: В уравнении Ньютона $q = \alpha(t_{\text{в}} - t_{\text{н}0})$ коэффициент α является

Ответ: 1). Коэффициентом теплопередачи; 2). Коэффициентом теплоотдачи;
3). Коэффициентом теплопроводности; 4). Термическим сопротивлением теплоотдачи; 5). Иной вариант ответа

Задание 16: Коэффициент теплоотдачи, показывает:

- 1) какое количество тепла отдает или принимает 1 м^2 поверхности, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в 1°
- 2) какое количество тепла отдает 1 м^2 поверхности, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в 1°
- 3) какое количество тепла принимает 1 м^2 поверхности, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в 1°
- 4) какое количество тепла отдает или принимает 1 м^2 поверхности, в единицу времени.
- 5) какое количество тепла отдает или принимает вся поверхность, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в 1°

Задание 17: Термическое сопротивление теплоотдачи имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1). $\frac{\text{Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ 2). $\frac{\text{Вт} \cdot \text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ 3). $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ 4). $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ 5). $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Задание 18: Коэффициент теплоотдачи это функция зависящая от параметров:

- 1) $\alpha = f(\omega, \lambda, \mu, \rho, c, X, \Phi, l_1, l_2, l_3, \dots)$; 2) $\alpha = f(\omega, \lambda, \rho, X, t_{\text{ж}}, t_{\text{см}}, \Delta t, \Phi, l_1, l_2, l_3, \dots)$
- 3) $\alpha = f(\lambda, \mu, \rho, c, X, t_{\text{ж}}, t_{\text{см}}, \Delta t, l_1, l_2, l_3, \dots)$; 4) $\alpha = f(\omega, \lambda, \mu, \rho, c, X, t_{\text{ж}}, t_{\text{см}}, \Delta t, \Phi, l_1, l_2, l_3, \dots)$
- 5) $\alpha = f(\omega, \lambda, P, S, X, t_{\text{ж}}, t_{\text{см}}, \Delta t, \Phi, l_1, l_2, l_3, \dots)$

Задание 19: Формула для вычисления критерия Нуссельта имеет вид

Ответ: 1). $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$ 2). $\frac{\nu}{a}$ 3). $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$ 4). $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$ 5). $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 20: Формула для вычисления критерия Грасгофа имеет вид

Ответ: 1). $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$ 2). $\frac{\nu}{a}$ 3). $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$ 4). $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$ 5). $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 21: Формула для вычисления критерия Прандтля имеет вид

Ответ: 1). $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$ 2). $\frac{\nu}{a}$ 3). $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$ 4). $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$ 5). $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 22: Формула для вычисления критерия Рейнольдса имеет вид

Ответ: 1). $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$ 2). $\frac{\nu}{a}$ 3). $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$ 4). $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$ 5). $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 23: В критериях подобия под определяющим размером понимается следующий размер

Ответ: 1). Диаметр трубы; 2). Длина трубы; 3). Высота стенки; 4). Основной размер в направлении развития теплового потока; 5). Ширина стенки.

Задание 24: В критериальных уравнениях симплекс $\left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_{см}}\right)^{0,25}$ учитывает следующее

Ответ: 1). Влияние характера движения среды; 2). Влияние давления среды; 3). Влияние направления движения теплового потока; 4). Влияние компоновки пучков труб; 5). Иной вариант ответа.

Задание 25: Индикатор подобия имеет вид:

Ответ: 1) $\frac{C_{\omega} \cdot C_{\tau}}{C_l}$ 2) $\frac{1}{2} \cdot \frac{C_{\omega} \cdot C_{\tau}}{C_l}$ 3) $\frac{C_l \cdot C_{\tau}}{C_{\omega}}$ 4) $\frac{1}{2} \cdot \frac{C_l \cdot C_{\tau}}{C_{\omega}}$ 5) $\frac{C_l \cdot C_{\omega}}{C_{\tau}}$

2.5. Теплообмен при свободной конвекции среды. Теплообмен при вынужденном движении среды в трубах.

Задание 26: Теплоотдача при свободном движении среды описывается следующим критериальным уравнением

Ответ: 1). $Nu_{t_{жс},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{жс},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$

2). $Nu_{t_{ср},l} = c(Cr \cdot Pr)_{t_{ср},l}^n$

3). $Nu_{t_{жс},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$

4). $Nu_{t_{жс},d} = c \cdot Re_{t_{жс},d}^n \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,38} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_{см}}\right)^{0,25}$

$$5). Nu_{t_{ж},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$$

Задание 27: В критериальном уравнении М.А.Михеева, описывающим теплоотдачу при свободной конвекции среды, коэффициенты с и n зависят от следующего фактора

- Ответ: 1). От критерия Прандтля
 2). От величины произведения критерия Грасгофа на критерий Прандтля
 3). От критерия Грасгофа
 4). От площади нагретой поверхности
 5). От линейных размеров нагретой поверхности

Задание 28: При свободной конвекции воздуха вдоль вертикальной нагретой стенки коэффициент теплоотдачи и температура стенки соотносятся следующим образом

- Ответ: 1). Температура стенки не зависит от изменения коэффициента теплоотдачи
 2). С ростом величины коэффициента теплоотдачи температура стенки повышается
 3). С ростом величины коэффициента теплоотдачи температура стенки понижается
 4). Температура стенки с ростом величины коэффициента теплоотдачи вначале возрастает, а затем резко уменьшается
 5). Иной вариант ответа

Задание 29: Теплоотдача при вынужденном ламинарном движении среды в трубе описывается следующим критериальным уравнением

Ответ: 1). $Nu_{t_{ж},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{ж},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{ж},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$

2). $Nu_{t_{cp},l} = c(Cr \cdot Pr)_{t_{cp},l}^n$ 3). $Nu_{t_{ж},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{ж},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$

4). $Nu_{t_{ж},d} = c \cdot Re_{t_{ж},d}^n \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,38} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$

5). $Nu_{t_{ж},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$

Задание 30: Теплоотдача при вынужденном турбулентном движении среды в трубе описывается следующим критериальным уравнением

Ответ: 1). $Nu_{t_{ж},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{ж},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{ж},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$

2). $Nu_{t_{cp},l} = c(Cr \cdot Pr)_{t_{cp},l}^n$

3). $Nu_{t_{ж},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{ж},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$

4). $Nu_{t_{ж},d} = c \cdot Re_{t_{ж},d}^n \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,38} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$ 5). $Nu_{t_{ж},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$

Задание 31: Теплоотдача при переходном режиме движения среды в трубе описывается следующим критериальным уравнением

Ответ: 1). $Nu_{t_{жс},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{жс},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$

2). $Nu_{t_{ср},l} = c(Cr \cdot Pr)^n$

3). $Nu_{t_{жс},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$

4). $Nu_{t_{жс},d} = c \cdot Re_{t_{жс},d}^n \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,38} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$

5). $Nu_{t_{жс},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$

2.6. Теплопередача через плоские одно- и многослойные стенки

Задание 32: Уравнение теплопередачи через плоскую двухслойную стенку имеет вид

Ответ: 1). $q = \frac{\lambda(t_{c_1} - t_{c_2})}{\delta}$ 2). $q = \alpha(t_{жс} - t_{см})$ 3). $q = \frac{t_{жс_1} - t_{жс_2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$

4). $q = \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$ 5). $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$

Задание 33: коэффициент теплоотдачи через плоскую стенку, показывает:

1) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

2) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

3) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде, через 1 м^2 , при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

4) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде, через 1 м^2 , в единицу времени.

5) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, через 1 погонный метр длины трубы, при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

Задание 34: Коэффициент теплопередачи через плоскую стенку имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1). $\frac{м \cdot К}{Вт}$ 2). $\frac{Вт}{м \cdot К}$ 3). $\frac{Вт}{м^2}$ 4). $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ 5). $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

Задание 35: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через плоскую двухслойную стенку

Ответ: 1). **Ошибка! Закладка не определена.** $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$ 2). $K = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$

3). $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

4). $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\lambda_1}{\delta_1} + \frac{\lambda_2}{\delta_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$ 5). $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$

Задание 36: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через плоскую многослойную стенку

Ответ: 1) $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_n}}$ 2) $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$

3) $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\lambda_2}}$ 4) $K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$ 5) $K = \frac{1}{2} \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$

2.7. Теплопередача через цилиндрические стенки

Задание 37: Коэффициент теплопередачи через цилиндрическую стенку имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1). $\frac{м \cdot К}{Вт}$ 2). $\frac{Вт}{м \cdot К}$ 3). $\frac{Вт}{м^2}$ 4). $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ 5). $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

Задание 38: коэффициент теплоотдачи через цилиндрическую стенку, показывает:

1) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

2) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

3) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде, через 1м^2 , при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

4) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде, через 1м^2 , в единицу времени.

5) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, через 1 погонный метр длины трубы, при разности температур горячей и холодной среды в 1°C .

Задание 39: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через цилиндрическую двухслойную стенку

Ответ: 1). $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$ 2). $K = \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$

3). $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}}$ 4). $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$

$$5). K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}}$$

Задание 40: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через цилиндрическую многослойную стенку

$$1) K^u = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad 2) K^u = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i d_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$

$$3) K^u = \frac{1}{2} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i d_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad 4) K^u = \frac{1}{2} \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$$

$$5) K^u = 1 - \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$$

Задание 41: Закон теплопроводности для цилиндрической стенки записывается:

$$1) Q = \pi K^u (t_{ж1} - t_{ж2}) \quad 2) Q = \pi e K^u (t_{ж1} - t_{ж2})$$

$$3) Q = e K^u (t_{ж1} - t_{ж2}) \quad 4) Q = 2\pi e K^u (t_{ж1} - t_{ж2})$$

$$5) Q = \pi e K^u (t_{ж2} - t_{ж1})$$

2.8. Назначение и классификация теплообменных аппаратов по способу передачи тепла

Задание 42: Из предложенных вариантов выбрать схему теплообменника-регенератора

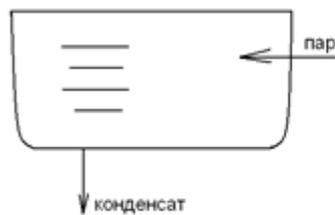


Рисунок 1

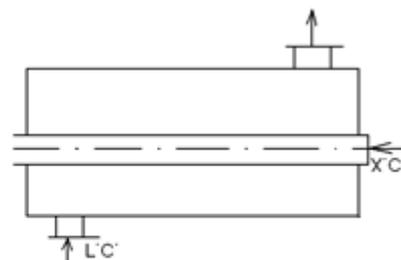


Рисунок 2

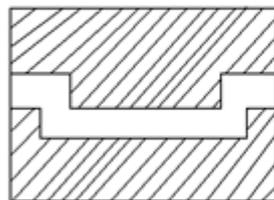


Рисунок 3

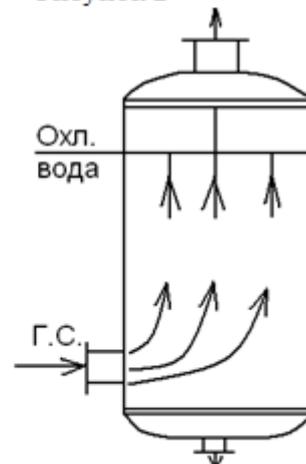


Рисунок 4

- Ответ: 1). Рисунок 1 2). Рисунок 2 3). Рисунок 3
4). Рисунок 4 5). Иной вариант ответа

Задание 43: Из предложенных вариантов выбрать схему теплообменника-рекуператора

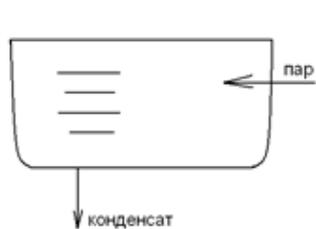


Рисунок 1

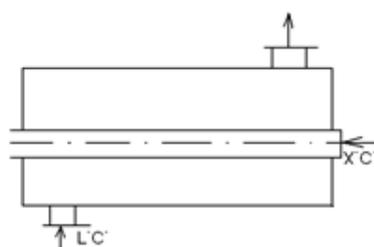


Рисунок 2

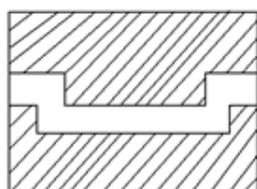


Рисунок 3

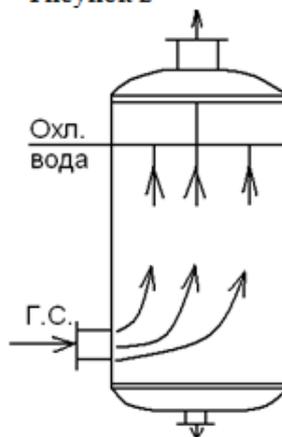


Рисунок 4

- Ответ: 1).Рисунок 1 2).Рисунок 2 3).Рисунок 3
 4).Рисунок 4 5).Иной вариант ответа

Задание 43: Из предложенных вариантов выбрать схему контактного теплообменника

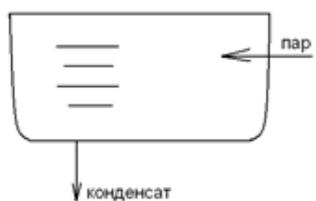


Рисунок 1

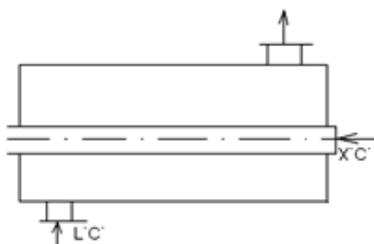


Рисунок 2

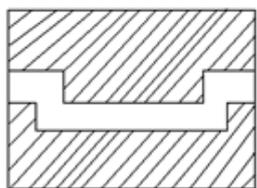


Рисунок 3

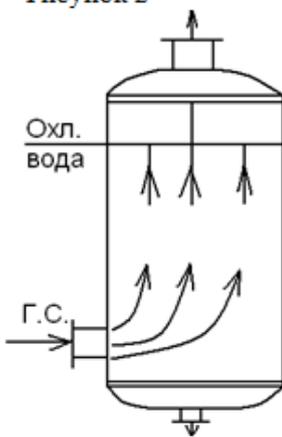


Рисунок 4

Задание 49: Средний логарифмический температурный напор при перекрестном движении теплоносителей вычисляется по формуле

$$\text{Ответ: 1). } \Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}} \quad 2). \Delta t_{cp} = \frac{(t_1' + t_1'') - (t_2' + t_2'')}{\ln \frac{t_1' + t_1''}{t_2' + t_2''}}$$

$$3). \Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1'' - t_2''}{t_1' - t_2'}} \quad 4). \Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$$

$$5). \Delta t_{cp} = \varepsilon \cdot \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$$

Задание 50: Количество переданной теплоты при прямотоке равно:

$$1) Q = W_1(t_1' - t_2') \psi_{\text{прям}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 2) Q = 2W_1(t_2' - t_1') \psi_{\text{прям}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

$$3) Q = W_1(t_2' - t_1') \psi_{\text{прям}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 4) Q = W_1(t_1' - t_2') \psi_{\text{прям}} \left(\frac{W_2}{W_1}, \frac{W_1}{kF} \right)$$

$$5) Q = \frac{1}{2} W_1(t_1' - t_2') \psi_{\text{прям}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

Задание 51: Количество переданной теплоты при противотоке равно:

$$1) Q = W_1(t_1' - t_2') \psi_{\text{против}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 2) Q = 2W_1(t_2' - t_1') \psi_{\text{против}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

$$3) Q = W_1(t_2' - t_1') \psi_{\text{против}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 4) Q = W_1(t_1' - t_2') \psi_{\text{против}} \left(\frac{W_2}{W_1}, \frac{W_1}{kF} \right)$$

$$5) Q = \frac{1}{2} W_1(t_1' - t_2') \psi_{\text{против}} \left(\frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

Задание 52: Количество переданной теплоты при перекрестном токе равно:

$$1) Q = \frac{(t_2' - t_1')}{1/kF + 1/W_1 + 1/W_2} \quad 2) Q = \frac{(t_1' - t_2')}{1/kF + 1/W_1 + 1/W_2}$$

$$3) Q = K \frac{(t_1' - t_2')}{1/kF + 1/2W_1 + 1/2W_2} \quad 4) Q = \frac{(t_2' - t_1')}{1/kF + 1/2W_1 + 1/2W_2}$$

$$5) Q = \frac{(t_1' - t_2')}{1/kF + 1/2W_1 + 1/2W_2}$$

3. Термодинамические циклы тепловых двигателей и установок

Задание 1. При каком процессе сжатия работа, затрачиваемая на привод компрессора, будет иметь наименьшее значение?

1. При адиабатном сжатии.
2. При сжатии по политропе, $k > n > 1$.
3. При сжатии по политропе, $n > k$.
4. При изотермическом сжатии.

Задание 2. Как изменяется работа, затрачиваемая на привод многоступенчатого поршневого компрессора, с увеличением (при прочих равных условиях) числа ступеней сжатия?

1. Увеличивается.
2. Уменьшается.
3. Однозначный ответ невозможен.
4. Не изменяется.

Задание 3. Для чего при высоких степенях сжатия газа применяются много-ступенчатые компрессоры с охлаждением между ступенями?

1. Чтобы уменьшить нагрузку на подшипники.
2. Чтобы уменьшить объемные потери.
3. Чтобы избежать недопустимо высоких температур газа.
4. Чтобы повысить КПД компрессора.

Задание 4. Из каких процессов состоит цикл Карно?

1. Адиабатные – сжатия и расширения, изобарные – подвод и отвод теплоты.
2. Адиабатные – сжатия и расширения, изотермические – подвод и отвод теплоты.
3. Адиабатные – сжатия и расширения, изохорные – подвод и отвод теплоты.
4. Политропные – сжатия и расширения, изотермические – подвод и отвод теплоты.

Задание 5. Почему цикл Карно называют циклом идеальной тепловой машины?

1. Машина, работающая по циклу Карно, не загрязняет окружающую среду.
2. Цикл Карно обеспечивает наивысший термический КПД при заданных температурах подвода и отвода теплоты.
3. При повышении цикла Карно параметры рабочего тела возвращаются к исходным значениям.
4. Машина, работающая по циклу Карно, имеет наименьшие массу и габариты.

Задание 6. Чем ограничивается степень сжатия ϵ в карбюраторных ДВС?

1. Нагрузкой на кривошипно-шатунный механизм.
2. Мощностью стартера.
3. Самовоспламенением горючей смеси.
4. Отказами системы зажигания.

Задание 7. Чем ограничивается степень повышения давления λ в газотурбинных установках (ГТУ)?

1. Пределом текучести лопаток турбины
2. Нагрузкой на подшипники.
3. Потерями энергии в компрессоре.
4. Увеличением шума.

Задание 8. Для чего применяется регенерация теплоты в ГТУ?

1. Для улучшения массогабаритных показателей.
2. Для повышения термического КПД.
3. Для уменьшения вредных выбросов в атмосферу.
4. Для снижения степени сжатия в компрессоре.

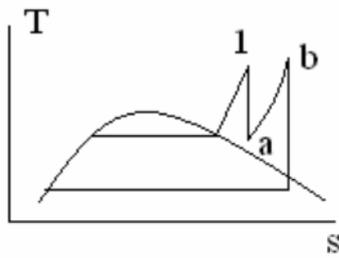
Задание 9. Какую выгоду дает применение ПТУ с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии на ТЭЦ?

1. Возможность использовать более дешевое топливо.
2. Повышение степени использования теплоты.
3. Уменьшение затрат на оборудование.
4. Упрощение обслуживания.

Задание 10. Что дает регенеративный подогрев питательной воды в ПТУ?

1. Уменьшение затрат на оборудование.
2. Уменьшение эрозионного износа лопаток турбины.
3. Уменьшение расхода пара на выработку 1 кВт.ч. мощности.
4. Повышение термического КПД цикла.

Задание 11. На рисунке показана теоретическая T_s – диаграмма ПТУ. Какому циклу она соответствует?



1. Циклу Ренкина.
2. Циклу с одним промперегревом.
3. Циклу с двумя промперегревами.
4. Парогазовому циклу.

Задание 12: Из предложенных вариантов выбрать цикл ДВС с изохорным подводом тепла

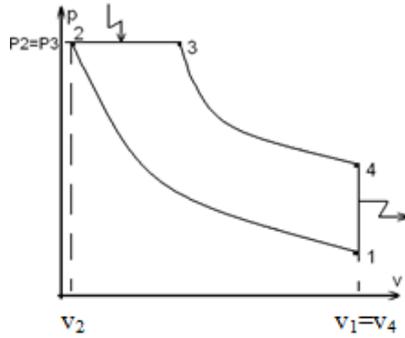


рисунок 1

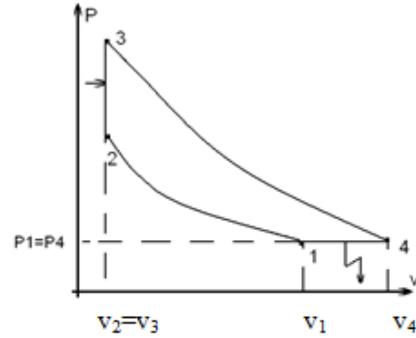


рисунок 2

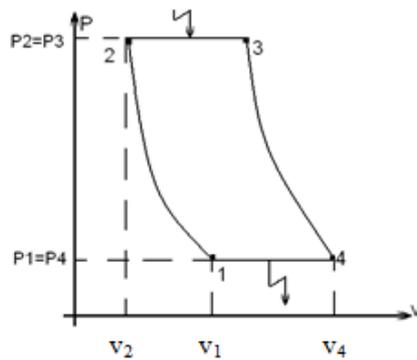


рисунок 3

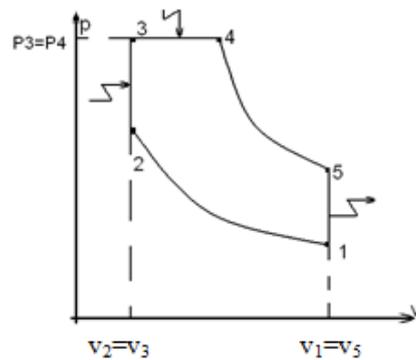


рисунок 4

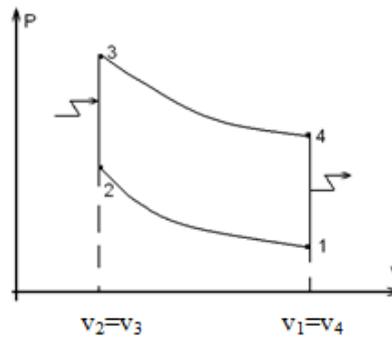


рисунок 5

- Ответы: 1).рисунок 1 2). рисунок 2 3). рисунок 3
 4).рисунок 4 5). рисунок 5

Задание 13: Из предложенных вариантов выбрать цикл ДВС с изобарным подводом тепла

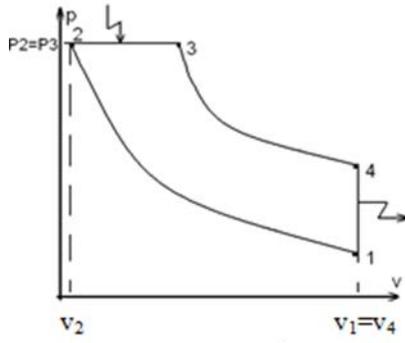


рисунок 1

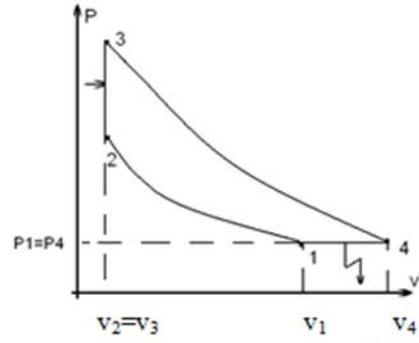


рисунок 2

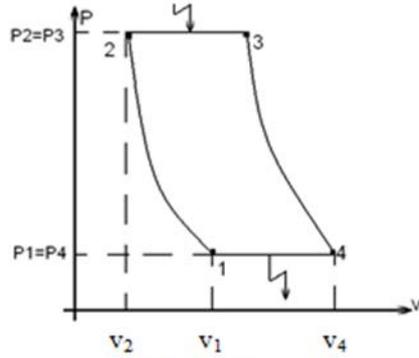


рисунок 3

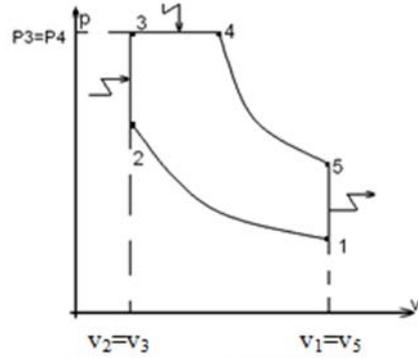


рисунок 4

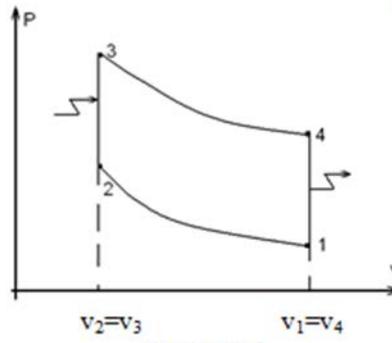


рисунок 5

Ответы: 1).рисунок 1 2). рисунок 2 3). рисунок 3
 4).рисунок 4 5). рисунок 5

Задание 14: Из предложенных вариантов выбрать цикл ДВС со смешанным подводом тепла

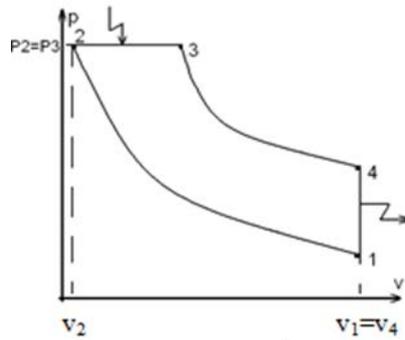


рисунок 1

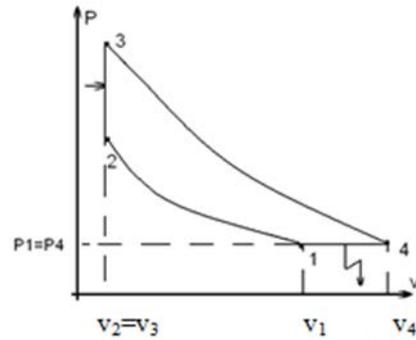


рисунок 2

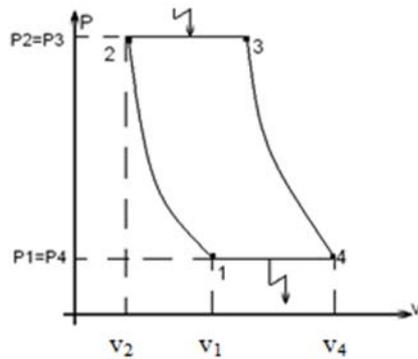


рисунок 3

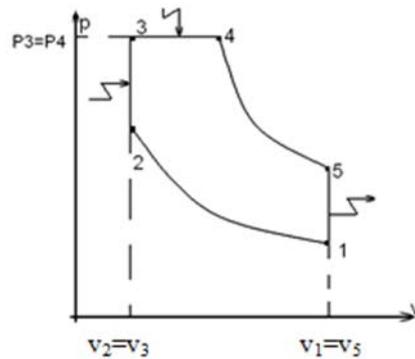


рисунок 4

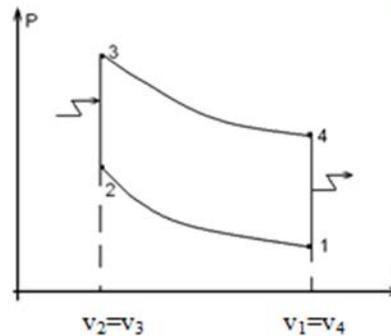


рисунок 5

Ответы: 1).рисунок 1 2). рисунок 2 3). рисунок 3
4).рисунок 4 5). рисунок 5

Задание 15: Формула для вычисления термического КПД цикла ДВС с изохорным подводом тепла имеет вид

Ответы: 1). $\eta_t = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}$ 2). $\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$ 3). $\eta_t = 1 - \frac{\rho^\kappa - 1}{\kappa \cdot \varepsilon^{\kappa-1} (\rho - 1)}$

4). $\eta_t = 1 - \frac{\kappa \cdot (\beta^{\frac{1}{\kappa}} - 1)}{\varepsilon^{\kappa-1} (\lambda - 1)}$ 5). $\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^\kappa - 1}{\varepsilon^{\kappa-1} [(\lambda - 1) + \kappa \cdot \lambda (\rho - 1)]}$

Задание 16: Формула для вычисления термического КПД цикла ДВС с изобарным подводом тепла имеет вид

Ответы: 1). $\eta_t = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}$ 2). $\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$ 3). $\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^{\kappa} - 1}{\varepsilon^{\kappa-1} [(\lambda-1) + \kappa \cdot \lambda (\rho-1)]}$

4). $\eta_t = 1 - \frac{\rho^{\kappa} - 1}{\kappa \cdot \varepsilon^{\kappa-1} (\rho - 1)}$ 5). $\eta_t = 1 - \frac{\kappa \cdot (\beta^{\frac{1}{\kappa}} - 1)}{\varepsilon^{\kappa-1} (\lambda - 1)}$

Задание 17: Формула для вычисления термического КПД цикла ДВС со смешанным подводом тепла имеет вид

Ответы: 1). $\eta_t = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}$ 2). $\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$ 3). $\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^{\kappa} - 1}{\varepsilon^{\kappa-1} [(\lambda-1) + \kappa \cdot \lambda (\rho-1)]}$

4). $\eta_t = 1 - \frac{\rho^{\kappa} - 1}{\kappa \cdot \varepsilon^{\kappa-1} (\rho - 1)}$ 5). $\eta_t = 1 - \frac{\kappa \cdot (\beta^{\frac{1}{\kappa}} - 1)}{\varepsilon^{\kappa-1} (\lambda - 1)}$

Задания к письменной контрольной работе

Задания к письменной контрольной работе для оценки уровня сформированности компетенции **ОПК-1** на этапе «Умения»

Тема 1. Основные понятия термодинамики

1.1. В сосуде вместимостью 0,4 м³ находится 0,8 кг газа. Определить его удельный объем, плотность и удельный вес в СИ.

Ответ: $v=0,5 \text{ м}^3/\text{кг}$, $\rho=2 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\gamma=19,62 \text{ Н}/\text{м}^3$.

1.2. Манометр парового котла показывает давление 15 кгс/см². Показания ртутного барометра при температуре в котельной 25 °С составляют 750 мм рт.ст. Определить абсолютное давление в котле в технических атмосферах, в барах и в паскалях.

Ответ: $p=16,01 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 15,7 \text{ бар} = 15,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

1.3. Пневматический пресс с диаметром поршня 0,4 м действует с силой 635000 Н. Определить абсолютное давление воздуха в цилиндре прессы в атмосферах, в барах и в паскалях, если барометрическое давление $B_0=745 \text{ мм рт. ст.}$

Ответ: $p=52,6 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 51,55 \text{ бар} = 51,55 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

1.4. Разрежение в газоходе котла измеряется при помощи тягомера с наклонной трубкой (рис. 1.1). Угол наклона трубки $\varphi=30^\circ$. В качестве измерительной жидкости залит керосин с плотностью 0,8 г/см³.

1.5. Определить абсолютное давление в газоходе котла в барах, паскалях, в технических атмосферах при отсчете по наклонной шкале трубки прибора $l=220 \text{ мм}$ и барометрическом давлении в котельной (приведенном к 0 °С) $B_0=740 \text{ мм рт.ст.}$

Ответ: $p=0,978 \text{ бар} = 97800 \text{ Па} = 0,997 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

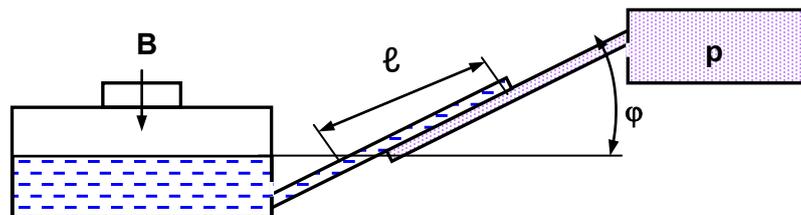


Рис. 1.1. Измерение разрежения тягомером

1.6.. Определить объем 1 киломоля идеального газа при нормальных физических условиях.

Нормальные физические условия: $p=760$ мм рт.ст., $t=0$ °С.

Ответ: $V_{\mu}=22,4$ м³/кмоль .

1.7. Определить удельный объем идеального газа кислорода O_2 ($\mu=32$ кг/кмоль) при давлении 1 бар и температуре 20 °С.

Ответ: $v=0,762$ м³/кг.

1.8. При нормальных физических условиях идеальный газ имеет объем 5 м³. Какой объем займет газ при давлении 5 бар и температуре 265 °С?

Нормальные физические условия: $p=760$ мм рт.ст., $t=0$ °С.

Ответ: $V=2$ м³ .

1.9. Абсолютное давление азота (N_2) в жестком сосуде при комнатной температуре $t=20$ °С составляет $p=2,2$ МПа. В сосуде азот нагревается, причем известно, что предельное избыточное давление, при котором возможна безопасная работа сосуда, $p_{изб}=6$ МПа. Определить предельную допустимую температуру нагрева газа в сосуде. Газ считать идеальным, а атмосферное давление $B=0,1$ МПа.

Ответ: $t=539$ °С.

1.10. Начальное состояние азота (N_2) задано параметрами: $t=200$ °С, $v=1,9$ м³/кг. Азот нагревается при постоянном давлении, при этом удельный объем его увеличивается в три раза. Определить конечную температуру азота, считая его идеальным газом.

Ответ: $t=1146$ °С.

Тема.2 Первый закон термодинамики

Теплоемкость идеального и реального газов.

2.1. Воздух, занимающий объем $V_1=15$ м³ при температуре $t_1=1500$ °С и давлении $p_1=760$ мм рт.ст., изохорно охлаждается до $t_2=250$ °С. Определить отведенную от воздуха теплоту Q , считая его теплоемкость постоянной, как у идеального двухатомного газа с молярной массой $\mu=28,96$ кг/кмоль.

Ответ: $Q=-2,68$ МДж.

2.2. Истинная молярная изобарная теплоемкость газа с $\mu=38$ кг/кмоль определяется зависимостью $\mu c_p = 30 + 0,0025 \cdot t + 0,000001 \cdot t^2$, кДж/(кмоль·К).

В изохорном процессе 6 кг этого газа нагреваются от 80 до 700 °С. Определить теплоту этого процесса.

Ответ: $Q=2236$ кДж.

2.3. Средняя массовая изобарная теплоемкость газа с $\mu=30$ кг/кмоль на интервале температур от 0 °С до 50°С имеет значение кДж/(кг·К), а на интервале от 0 °С до 100 °С имеет значение кДж/(кг·К). Определить среднюю массовую и молярную изобарную теплоемкости газа на интервале температур от 50 °С до 100 °С.

Ответ: $c_{pm}=0,92$ кДж/(кг·К), $\mu c_{pm}=27,6$ кДж/(кмоль·К).

2.4. Воздух ($\mu=28,96$ кг/кмоль) с температурой 150 °С образуется в результате изобарного смешения двух потоков воздуха: холодного с $t_1 = 15$ °С и горячего с $t_2 = 900$ °С. Определить, сколько холодного и горячего воздуха образует 1 кг смеси. Все давления считать одинаковыми. Средняя молярная изобарная теплоемкость воздуха, взятая от 0 °С, определяется по формуле $\mu c_{pm} = 29,1 + 0,002415 \cdot t$, кДж/(кмоль·К).

Ответ: $m_1=0,855$ кг, $m_2=0,145$ кг.

2.5. Воздух ($\mu=28,96$ кг/кмоль), имеющий температуру $t=1500$ °С, давление $p=760$ мм рт.ст. и занимающий объем $V_1=5$ м³, изобарно охлаждается до $t_2=250$ °С. Определить количество отводимой от воздуха теплоты, если:

- 1) считать теплоемкость постоянной, как для идеального двухатомного газа;
- 2) считать истинную теплоемкость воздуха, подчиняющуюся зависимости кДж/(кмоль·К).

Определить относительную разницу результатов по первому и второму методам расчета.

Ответ: $Q_1 = -1250$ кДж, $Q_2 = -1340$ кДж, $Q = 9,1$ %.

2.6. 4 м³ углекислого газа (CO₂) находятся при $p_1 = 7$ бар и $t_1 = 400$ оС. Определить количество теплоты, которое нужно при постоянном давлении подвести к газу, чтобы нагреть его до 1000 °С. Значения теплоемкостей газа брать из таблиц средних теплоемкостей (табл. П2.2).

Ответ: $Q = 16$ МДж.

Первый закон термодинамики.

2.7. На сжатие 1 кг газа затрачено 500 кДж работы, при этом внутренняя энергия газа увеличивается на 350 кДж. Определить, подводится или отводится теплота к газу и ее количество.

Ответ: $Q = -150$ кДж .

2.8. Мощность турбогенератора 200 МВт, а его КПД составляет 99 %. Охлаждение генератора производится водородом с теплоемкостью $c_p = 14,3$ кДж/(кг·К). Считая, что вся теплота потерь отводится водородом, изобарно нагреваемым при прохождении через генератор на 30 °С, определить его секундный массовый расход.

Ответ: $G = 4,7$ кг/с .

2.9. Какое минимальное количество охлаждающей воды при $p = \text{const}$ следует подавать на колодки тормоза, если мощность двигателя 55 кВт, а 20% теплоты трения рассеивается в окружающей среде. Температура охлаждающей воды 10 °С, а предельно допустимая температура воды на выходе 80 °С, теплоемкость воды $c_p = 4,187$ кДж/(кг·°С) принять постоянной.

Ответ: $G = 0,15$ кг/с .

Тема 3. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа

3.1. В герметичном жестком резервуаре вместимостью 0,1 м³ находится идеальный воздух ($\mu = 28,96$ кг/кмоль, $i = 5$) при давлении 2 бара и температуре 30 °С. Какое количество теплоты необходимо сообщить воздуху в резервуаре, чтобы повысить его давление до 4 бар? Изобразить процесс в диаграммах p, v и T, s .

Считать газ идеальным с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: 50 кДж .

3.2. 1 кг азота (N₂) с начальными параметрами $p_1 = 10$ бар, $t_1 = 300$ °С расширяется до пятикратного увеличения объема. Считая, что расширение а) изобарное, б) изотермическое, в) адиабатное, определить конечные параметры p_2 , t_2 , v_2 , работу изменения объема и теплоту процесса. Изобразить процессы в диаграммах p, v и T, s .

Считать газ идеальным с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: $v_2 = 0,85$ м³/кг .

а) $t_2 = 2592$ °С, $p_2 = 10$ бар, $L = 680$ кДж/кг, $q = 2382$ кДж/кг;

б) $t_2 = 300$ °С, $p_2 = 2$ бар, $L = q = 274$ кДж/кг;

в) $t_2 = 28$ °С, $p_2 = 1,05$ бар, $L = 680$ кДж/кг, $q = 2382$ кДж/кг .

3.3. Один килограмм идеального воздуха ($\mu = 28,96$ кг/кмоль, $i = 5$) с начальными параметрами $p_1 = 1$ бар, $t_1 = 30$ °С сжимается до давления $p_2 = 10$ бар двумя способами:

1) изотермически;

2) адиабатно.

Определить работу, теплоту, конечные объем и температуру, изменение энтропии процесса. Изобразить процессы в p, v - и T, s - диаграммах.

Считать газ идеальным с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: 1) $q = L = -200,3$ кДж/кг, $v_2 = 0,087$ м³/кг, $\Delta s = -0,661$ кДж/(кг·К);

2) $L = -202,4$ кДж/кг, $v_2 = 0,168$ м³/кг, $t_2 = 312$ °С.

3.4. Смесь газов имеет условную молярную массу $\mu_{см} = 36$ кг/кмоль. При постоянной температуре смесь расширяется от $v_1 = 0,3$ м³/кг до $v_2 = 1$ м³/кг. Определить изменение удельной энтропии смеси газов в этом процессе.

Считать газы идеальными с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: $\Delta s=0,278$ кДж/(кг·К).

3.5. Смесь гелия He ($\mu_{\text{He}}=4$ кг/кмоль) и азота N₂ ($\mu_{\text{N}_2}=28$ кг/кмоль) обратимо адиабатно сжимается от $p_1=2$ бар, $t_1=17$ оС до $p_2=6$ бар. Считая газы идеальными с постоянными c_v и c_p , определить v_2 , если $\gamma_{\text{He}}=0,6$.

Ответ: $v_2=0,431$ м³/кг.

3.6. Газовая смесь имеет состав по массе: H₂ - 10 %, CO₂ - 10 %, CH₄ - 30 %, N₂ - 50 %. Начальные параметры смеси: $p_1=2$ бар, $t_1=27$ °С. Определить конечную температуру и удельную работу изменения объема, если смесь обратимо адиабатно сжимается до $p_2=10$ бар.

Считать газы идеальными с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: $t_2=195$ °С, $\square=25$ кДж/кг.

3.7. Смесь газов CH₄ и CO адиабатно расширяется от $p_1=6$ бар и $t_1=227$ оС до $p_2=1$ бар. Массовая доля $g_{\text{CH}_4}=0,4$. Определить температуру t_2 и работу изменения объема в этом процессе.

Считать газы идеальными с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: $T_2=311$ К, $\square=202$ кДж/кг

3.8. Смесь газов N₂ и NH₃ при $\gamma_{\text{N}_2}=0,3$ адиабатно сжимается от $p_1=1$ бар и $t_1=47$ оС до $p_2=5$ бар. Определить изменение энтальпии процесса и работу изменения объема.

Считать газы идеальными с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: $\square=204$ кДж/кг, $\square=$

3.9. Газовая смесь, состоящая из H₂ и CH₄, с теплоемкостью $\mu c_{\text{pсм}}=30,3$ кДж/(кмоль·К) нагревается при постоянном давлении от $t_1=17$ оС до $t_2=300$ оС. Считая газы идеальными с постоянными теплоемкостями c_v и c_p , определить изменение энтальпии и энтропии этого процесса.

Ответ: $\square=3,41$ кДж/(кг·К), \square с

3.10. Воздух ($\mu=28,96$ кг/кмоль, $i=5$) политропно с $n=1,2$ переходит из состояния с $p_1=6$ бар и $t_1=320$ °С в состояние с давлением $p_2=1$ бар. Определить: параметры начальной и конечной точек (v , T , s), удельные теплоту и работу изменения объема. Изобразить процесс в p, v - и T, s - диаграммах.

Считать газ идеальным с постоянными теплоемкостями c_v и c_p .

Ответ: $v_1=0,284$ м³/кг, $s_1=268$ Дж/(кг·К),
 $v_2=1,27$ м³/кг; $T_2=439,6$ К; $s_2=482$ Дж/(кг·К)
(начало отсчета энтропий $s_0=0$ взято при н.ф.у.);
 $q=110$ кДж/кг; $\ell=220$ кДж/кг.

Задания к письменной контрольной работе для оценки уровня сформированности компетенции **ПК-19** на этапе «Умения»

Тема 4.Круговые процессы. Второй закон термодинамики

4.1. Двигатель работает по обратимому циклу Карно в интервале температур $t_1=300$ °С и $t_2=50$ °С и производит работу в 420 кДж.

Определить термический КПД цикла и количество теплоты, сообщенное рабочему телу и отведенное от него.

Ответ: $\eta_t^k=0,436$, $Q_1=963$ кДж, $Q_2=543$ кДж.

4.2. Холодильная установка работает по обратимому циклу Карно в интервале температур $t_1=20$ °С и $t_2=-20$ °С и затрачивает работу в количестве 100 кДж. Определить холодильный коэффициент цикла и его холодопроизводительность Q_2 .

Ответ: $\varepsilon_t^k=6,325$, $Q_2=632,5$ кДж.

4.3. Отопительная установка (тепловой насос) работает по обратимому циклу Карно в интервале температур $t_1=100$ °С и $t_2=10$ °С, затрачивая работу в количестве 100 кДж.

Определить отопительный коэффициент цикла и его теплопроизводительность Q_1 .

Ответ: $\varphi_t^k=4,14$, $Q_1=414$ кДж.

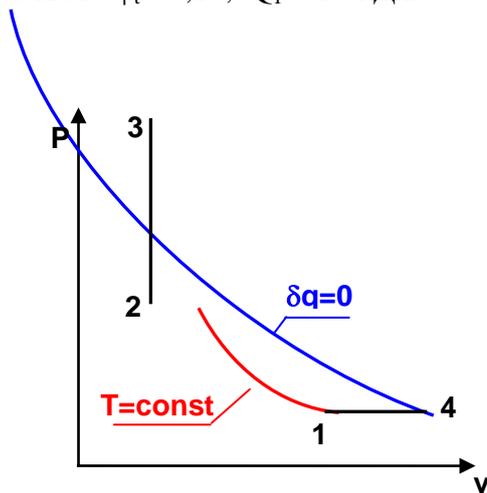


Рис. 4.1. К задаче 4.4

4.4. Определить термический КПД и работу цикла, изображенного на рис.4.1, если рабочее тело представляет многоатомный идеальный газ с $\mu=29,7$ кг/кмоль, а параметры цикла в характерных точках заданы величинами: $p_1=1$ бар, $t_1=27$ °С, $V_4=0,5$ м³, $v_1/v_2=2$, $p_3/p_2=4$.

Сравнить термический КПД этого цикла с КПД цикла Карно, работающего в интервале максимальной и минимальной температур данного цикла.

Ответ: $\eta_t=31,2$ %; $L_t=57,6$ кДж, $\eta_t^k=75$ %.

4.5. Электрический нагреватель мощностью 1 кВт, имея постоянную температуру 100 °С, обогревает помещение с температурой 20 °С в течение одного часа.

Определить изменение энтропии данной системы, если температура в помещении за этот период не изменилась. Показать процессы передачи теплоты и увеличение энтропии системы в T,S- диаграмме.

Ответ: $\Delta S_C=2,635$ кДж/К.

4.6. 100 кг льда с $t_1=-10$ °С помещены в окружающую среду с $t_{oc}=20$ °С (рис. 4.2). Лед тает, и вода нагревается до температуры окружающей среды $t_2=t_{oc}$. Давления льда и воды равны давлению окружающей среды и постоянны.

Определить изменение энтропии H₂O и системы в результате этого процесса.

Показать процессы передачи теплоты и изменение энтропии системы в T,S- диаграмме.

В расчете принять постоянными следующие величины:

удельную теплоту таяния льда $\lambda=333$ кДж/кг,

удельную теплоемкость льда $c_{p,л}=2,03$ кДж/(кг·К),

удельную теплоемкость воды $c_{p,ж}=4,187$ кДж/(кг·К).

Ответ: $\Delta S_{H_2O}=159,2$ кДж/К, $\Delta S_C=10,04$ кДж/К.

4.7. В термосе находится 1 кг воды при 100 °С, температура окружающей среды 20

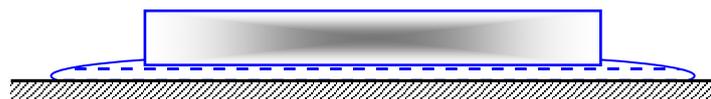


Рис. 4.2. К задаче 4.6

°С. После открытия крышки термоса температура воды в нем снизилась до 50 °С. Определить изменение энтропии данной системы, приняв изобарную теплоемкость воды постоянной и равной 4,187 кДж/(кг·К). Показать процессы передачи теплоты в T,S- диаграмме.

Ответ: $\Delta S_C=112$ Дж/К.

4.8. В бак, содержащий 20 кг воды с $t_1=10$ °С, вливается 15 кг воды с $t_2=80$ °С. Считая бак адиабатной оболочкой, а процесс смешения изобарным с постоянной теплоемкостью воды $c_{p,H_2O}=4,19$ кДж/(кг·К), определить возрастание энтропии системы за счет необ-

ратимости процесса смешения воды и потерю максимально возможной работы (эксергии) системы при температуре внешней среды 5°C .

Ответ: $\Delta S_C = 0,885 \text{ кДж/К}$, $-\Delta L_{\text{мп}} = \nabla E = 246 \text{ кДж}$.

4.9. Два куска льда массой по 1 кг каждый имеют температуру 0°C и давление 1 бар. Происходит механическое взаимодействие этих кусков друг с другом в виде трения, они взаимодействуют гладкими поверхностями без разрушения (рис. 4.3). На перемещение кусков затрачивается работа в количестве 100 кДж. Определить количество расплавленного льда в результате такого взаимодействия и увеличение энтропии системы, если считать, что теплообмен с окружающей средой отсутствует. Изобразить этот процесс в T,S- диаграмме.

Принять удельную теплоту плавления льда равной 333 кДж/кг.

Ответ: $\Delta m = 0,3 \text{ кг}$, $\Delta S_C = 366 \text{ Дж/К}$.

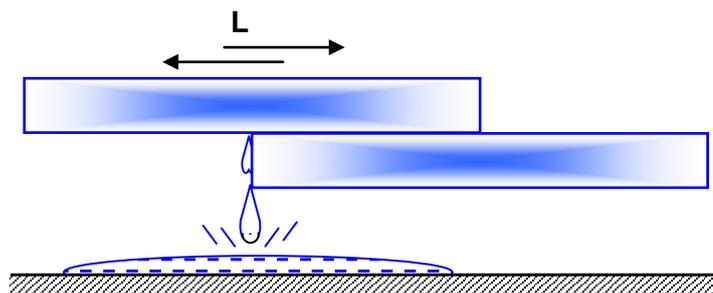


Рис. 4.3. К задаче 4.9

Тема 5. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух

5.1. Давление насыщенного водяного пара $p_n = 7,5 \text{ кПа}$. Определить параметры сухого насыщенного пара и воды в состоянии насыщения (кипения) по таблицам теплофизических свойств воды и водяного пара (t , v , h , v , s , u).

Ответ:

для воды: $t = 40,32^\circ\text{C}$, $v = 0,0010079 \text{ м}^3/\text{кг}$,

$h = 168,77 \text{ кДж/кг}$, $s = 0,5763 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, $u = 168,76 \text{ кДж/кг}$;

для пара: $t = 40,32^\circ\text{C}$, $v = 19,241 \text{ м}^3/\text{кг}$,

$h = 2574,5 \text{ кДж/кг}$, $s = 8,2517 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, $u = 2430,2 \text{ кДж/кг}$.

5.2. Определить температуру, давление и удельную внутреннюю энергию жидкой фазы воды в состоянии насыщения при $h = 500 \text{ кДж/кг}$.

Ответ: $t = 119^\circ\text{C}$, $p = 1,9233 \text{ бар}$, $u = 499 \text{ кДж/кг}$.

5.3. Определить удельную внутреннюю энергию сухого насыщенного водяного пара при давлении 100 бар.

Ответ: $u = 2544,4 \text{ кДж/кг}$.

5.4. Определить температуру и значения удельных величин: объема, энтропии и внутренней энергии водяного пара при давлении $p = 10 \text{ бар}$ и степени сухости $x = 0,9$.

Ответ: $t = 179,88^\circ\text{C}$, $v = 0,176 \text{ м}^3/\text{кг}$, $s = 6,14 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, $u = 2400 \text{ кДж/кг}$.

5.5. Водяной пар при температуре 200°C имеет удельную энтальпию 1200 кДж/кг . Определить давление, удельные объем и энтропию пара.

Ответ: $p = 15,55 \text{ бар}$; $v = 0,0237 \text{ м}^3/\text{кг}$, $s = 3,07 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

5.6. К 1 кг воды с начальными параметрами $p_1 = 10 \text{ бар}$ и $t_1 = 50^\circ\text{C}$ при постоянном давлении подводится 2000 кДж/кг теплоты. Определить конечную температуру H_2O и удельную работу изменения объема. Изобразить процесс в p,v -, T,s - и h,s - диаграммах.

Ответ: $t_2 = 179,88^\circ\text{C}$, $x_2 = 0,718$, $\ell = 139 \text{ кДж/кг}$.

5.7. 1 кг водяного пара с начальными параметрами $p_1 = 5 \text{ бар}$ и $h_1 = 1840 \text{ кДж/кг}$ при постоянном давлении получает 710 кДж/кг теплоты. Определить параметры пара в конце процесса: t_2 , v_2 , h_2 , s_2 , и изменение его удельной внутренней энергии.

Ответ: $t_2=151,85\text{ }^\circ\text{C}$, $v_2=0,34\text{ м}^3/\text{кг}$, $h_2=2550\text{ кДж/кг}$,
 $s_2=6,354\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, $\Delta u=647\text{ кДж/кг}$.

5.8. $0,2\text{ м}^3$ водяного пара с начальными параметрами $p_1=60\text{ бар}$ и $t_1=430\text{ }^\circ\text{C}$ изобарно сжимается до уменьшения объема в 5 раз. Определить конечное фазовое состояние H_2O и количество теплоты данного процесса. Изобразить процесс в p,v -, T,s - и h,s - диаграммах.

Ответ: влажный насыщенный пар с $x_2=0,28$, $Q=-6,36\text{ МДж}$.

5.9. Водяной пар с начальными параметрами $p_1=1,5\text{ МПа}$ и $s_1=6\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ изотермически расширяется до достижения давления $p_2=0,9\text{ бар}$. Рассчитать данный процесс, т.е. определить q , Δu , ℓ , Δs , Δh . Схематично изобразить процесс в p,v -, T,s - и h,s - диаграммах с нанесением на них пограничных линий $x=0$ и $x=1$.

Ответ: $q=886,3\text{ кДж/кг}$, $\Delta u=251,5\text{ кДж/кг}$, $\ell=634,8\text{ кДж/кг}$,
 $\Delta s=1,88\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, $\Delta h=291\text{ кДж/кг}$.

5.10. Определить удельные количество теплоты и изменение внутренней энергии водяного пара при его изотермическом расширении от $p_1=10\text{ бар}$ и $h_1=2500\text{ кДж/кг}$ до $v_2=2\text{ м}^3/\text{кг}$.

Ответ: $q=806\text{ кДж/кг}$, $\Delta u=304\text{ кДж/кг}$.

Влажный воздух.

5.11. Влажный атмосферный воздух имеет температуру $50\text{ }^\circ\text{C}$ и давление 1 бар , парциальное давление водяного пара в воздухе составляет $0,04\text{ бар}$. Определить абсолютную и относительную влажность воздуха, влагосодержание, удельную энтальпию и температуру точки росы. Расчет провести аналитически и по диаграмме H,d .

Ответ: $\rho=0,0268\text{ кг/м}^3$, $\varphi=2\%$; $d=26,2\text{ г}/(\text{кг с.в.})$,
 $H=118\text{ кДж}/(\text{кг с.в.})$, $t_{\text{росы}}=29,2\text{ }^\circ\text{C}$.

5.12. Состояние влажного воздуха задано параметрами: $p=1\text{ бар}$, $t=25\text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi=0,6$. С помощью таблиц термодинамических свойств водяного пара определить парциальное давление водяных паров в воздухе.

Ответ: $p_{\text{п}}=1,9\text{ кПа}$.

5.13. Атмосферный воздух при давлении 1 бар имеет температуру $20\text{ }^\circ\text{C}$ и относительную влажность $\varphi=90\%$. Определить характеристики влажного атмосферного воздуха ρ , d , $p_{\text{п}}$, $t_{\text{росы}}$, H аналитически (расчетным путем), используя H,d - диаграмму влажного атмосферного воздуха.

Ответ: $\rho=0,0156\text{ кг/м}^3$, $d=13,3\text{ г}/(\text{кг с.в.})$, $p_{\text{п}}=2,1\text{ кПа}$,
 $t_{\text{росы}}=18,4\text{ }^\circ\text{C}$, $H=53,8\text{ кДж}/(\text{кг с.в.})$.

5.14. Состояние влажного атмосферного воздуха при $p=1\text{ бар}$ и $t=20\text{ }^\circ\text{C}$ характеризуется температурой точки росы $t_{\text{росы}}=10\text{ }^\circ\text{C}$.

Определить абсолютную ρ и относительную влажность φ , влагосодержание d и удельную энтальпию H влажного воздуха в этом состоянии.

Ответ: $\rho=4,93\cdot 10^{-3}\text{ кг/м}^3$, $\varphi=52,5\%$, $d=7,73\text{ г}/(\text{кг с.в.})$,
 $H=39,6\text{ кДж}/(\text{кг с.в.})$.

Тема 6. Термодинамика газового потока

6.1. Определить работу изменения давления потока газа ℓ_0 при истечении его через сопло с $c_0=0$ и выходной скоростью газа 500 м/с .

Ответ: $\ell_0=125\text{ кДж/кг}$.

6.2. Теоретическая работа изменения давления потока газа при истечении его с $c_0=0$ через сопло равна $\ell_0=100\text{ ккал/кг}$. Определить скорости газа на выходе из сопла c_1 и c_{1i} для обратимого и необратимого с $\varphi=0,95$ процессов адиабатного истечения газа.

Ответ: $c_{\text{к}}=915\text{ м/с}$, $c_{\text{ки}}=869,3\text{ м/с}$.

6.3. Воздух с одинаковой начальной температурой t_0 и $c_0=0$ при истечении через сопло расширяется от давления p_0 до давления $p_{\text{к}}$. В каком из указанных случаев скорость газа на выходе из сопла будет максимальной и какое сопло при этом должно быть?

- а) $p_0=10$ бар, $p_k=5$ бар;
 б) $p_0=50$ бар, $p_k=10$ бар;
 в) $p_0=8$ бар, $p_k=2$ бар.

Ответ: б); комбинированное сопло Лавала.

6.4. Определить массовый секундный расход кислорода O_2 через *суживающуюся* круглое сопло с диаметром выходного сечения 10 мм при параметрах газа на входе в сопло $p_0=1,8$ бар, $t_0=300$ °С, а за соплом – $p_k=1$ бар. Истечение считать обратимым адиабатным со скоростью газа на входе в сопло равной нулю. Кислород считать идеальным газом с постоянным коэффициентом Пуассона.

Ответ: $G=0,025$ кг/с.

6.5. Водяной пар с начальными параметрами $p_0=20$ бар и $t_0=300$ °С и $c_0=0$ обратимо адиабатно расширяется через *суживающуюся сопло* в среду с давлением 1 бар. Расход пара через сопло составляет 5 кг/с. Определить работу ℓ_0 , скорость и площадь в выходном сечении сопла, рассчитав величину $\epsilon_{кр}$ для данного процесса истечения водяного пара.

Ответ; $\ell_0=140$ кДж/кг, $c_k=529$ м/с, $f_{вых}=1,9 \cdot 10^{-3}$ м².

6.6. Водяной пар обратимо адиабатно расширяется при истечении через комбинированное сопло от $p_0=50$ бар, $t_0=330$ °С и $c_0=0$ до давления в выходном сечении сопла $p_k=5$ бар. Площадь выходного сечения сопла $f_{вых}=20$ см². Определить ℓ_0, G, f_{min} . Принять $\epsilon_{кр}=0,546$.

Ответ: $\ell_0=456$ кДж/кг, $G=4,9$ кг/с, $f_{min}=7,5 \cdot 10^{-4}$ м².

Дросселирование.

6.7. Водяной пар при $p_1=100$ бар и $x_1=0,65$ адиабатно дросселируется до $p_2=2$ бар. Определить параметры пара после дросселирования t_2, v_2, h_2, s_2 .

Ответ: $t_2=120$ °С, $v_2=0,71$ м³/кг, $h_2=2264$ кДж/кг, $s_2=6$ кДж/(кг·К).

6.8. Водяной пар при $p_1=50$ бар и $x_1=0,6$ адиабатно дросселируется до давления $p_2=1$ бар. Определить параметры пара после дросселирования: t_2, v_2, s_2 , и изменение его удельной внутренней энергии. Изобразить условный процесс дросселирования в диаграммах T, s и h, s .

Ответ: $t_2=99,64$ °С, $v_2=1,3$ м³/кг, $s_2=5,9$ кДж/(кг·К), $\Delta u=10$ кДж/кг.

6.9. В процессе адиабатного дросселирования водяной пар имеет параметры: $p_2=0,1$ бар, $x_2=0,61$. Определить начальное фазовое состояние H_2O и его температуру, если начальное давление составляет: а) $p_1=100$ бар; б) $p_1=200$ бар.

Ответ: а) влажный насыщенный пар $x_1=0,184, t_1=311$ °С;

б) вода, $t_1=350,6$ °С.

6.10. Водяной пар при $p_1=30$ бар и $x_1=0,95$ адиабатно дросселируется до состояния сухого насыщенного пара ($x_2=1$). Определить конечные параметры пара p_2, t_2, v_2 , изменение его температуры и внутренней энергии $\Delta t, \Delta u$. Изобразить условный процесс дросселирования в p, v - и T, s - диаграммах.

Ответ: $p_2=2,35$ бар, $t_2=125,4$ °С, $v_2=0,762$ м³/кг,

$\Delta t=108,5$ °С, $\Delta u=11,2$ кДж/кг.

6.11. Определить потерю удельной работы изменения давления потока водяного пара $\Delta \ell_0$, вызванную процессом его дросселирования в регулирующем вентиле, установленном перед соплом, от параметров $p_1=20$ бар и $t_1=300$ °С до $p_2=10$ бар, если за вентилем пар обратимо адиабатно расширяется в сопловом канале до давления $p_3=0,05$ бар.

Ответ: $\Delta \ell_0=92$ кДж/кг.

Тема 7. Термодинамические циклы тепловых двигателей и установок

7.1. Определить термический КПД и удельную работу идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, для которого задано: $p_1=1$ бар, $t_1=20$ °С, давление и температура газа в начале процесса адиабатного расширения $p_3=27$ бар, $t_3=1100$ °С. Рабочее тело обладает свойствами идеального воздуха с $\mu=28,96$ кг/кмоль и $\kappa=1,4$. Цикл изо-

бразить в T,s- и p,v- диаграммах.

Ответ: $\eta_t=0,504$, $l_t=283$ кДж/кг.

7.2. Определить термический КПД и удельную работу идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении, для которого задано: $p_1=1$ бар, $t_1=40$ °С, $t_2=800$ °С, $t_4=600$ °С. Рабочее тело обладает свойствами идеального воздуха с $\mu=28,96$ кг/кмоль и $\kappa=1,4$. Цикл изобразить в T,s- и p,v- диаграммах.

Ответ: $\eta_t=0,655$, $l_t=763$ кДж/кг.

7.3. Определить термический КПД и удельную работу идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении (рис.13.2), для которого задано: $p_1=1$ бар, $t_1=40$ °С, $t_2=800$ °С, $t_4=600$ °С. Рабочее тело обладает свойствами идеального воздуха с $\mu=28,96$ кг/кмоль и $\kappa=1,4$. Цикл изобразить в T,s- и p,v- диаграммах.

Ответ: $\eta_t=0,655$, $l_t=763$ кДж/кг.

7.4. Сравнить термические КПД, максимальные температуры T_{\max} и давления p_{\max} газов в цилиндрах трех идеальных циклов ДВС с одинаковыми $q_1=500$ кДж/кг и $p_1=1$ бар, $t_1=20$ °С:

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 10$$

1) с подводом теплоты при постоянном объеме,

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 15$$

2) с подводом теплоты при постоянном давлении,

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 15 \quad \lambda = \frac{p_3}{p_2} = 1,3$$

3) со смешанным подводом теплоты,

Рабочее тело обладает свойствами идеального воздуха с $\kappa=1,4$.

Циклы изобразить в T,s- диаграмме.

Ответ: 1) $\eta_t=0,602$, $T_{\max}=T_3=1093$ К, $p_{\max}=p_3=37,4$ бар ;

2) $\eta_t=0,626$, $T_{\max}=T_3=1366$ К, $p_{\max}=p_3=44,3$ бар ;

3) $\eta_t=0,656$, $T_{\max}=T_4=1365$ К, $p_{\max}=57,6$ бар .

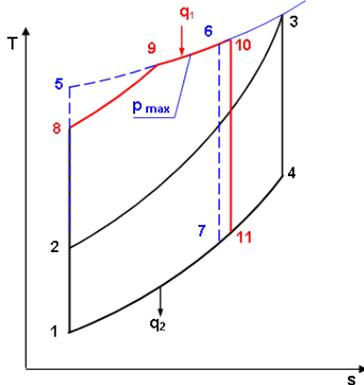


Рис. 13.4. Циклы ДВС с одинаковыми q_1 и p_{\max}

7.5. Сравнить термические КПД и максимальные температуры трех идеальных циклов ДВС с одинаковыми $q_1=500$ кДж/кг, максимальным давлением $p_{\max}=60$ бар, и $p_1=1$ бар, $t_1=20$ °С (рис. 13.4):

1) ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме и $t_3=1200$ °С;

2) ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении;

$$\lambda = \frac{p_9}{p_8} = 1,3$$

3) ДВС со смешанным подводом теплоты и

Рабочее тело обладает свойствами идеального воздуха с $\kappa=1,4$.

Циклы изобразить в T,s- диаграмме.

Ответ: 1) $\eta_t=0,629$, $T_{\max}=T_3=1473$ К ;

- 2) $\eta_t=0,660$, $T_{\max}=T_3=1444\text{ К}$;
 3) $\eta_t=0,633$, $T_{\max}=T_4=1450\text{ К}$.

Задания к самостоятельной контрольной работе

Задания к самостоятельной контрольной работе для оценки уровня сформированности компетенции **ОПК-1** на этапе «Владения»

Самостоятельная контрольная работа включает в себя 5 задач, которые охватывают основные разделы: техническую термодинамику, теорию теплообмена. Варианты выбираются по последней и предпоследней цифре зачетной книжки студента. Исходные данные выбираются по таблицам, приведенным к каждой задаче.

Контрольная работа оформляется на стандартных листах формата А4 (297x210 мм). В отчете по контрольной работе должны быть изложены условие каждой задачи, исходные данные и ход решения задачи с пояснением каждого действия. Расчеты должны выполняться в системе единиц измерений СИ.

Задача №1

На изобарное сжатие 1 кг газа затрачена работа L , кДж, после чего газ расширяется изотермически. Работа сжатия равна работе расширения. Объем газа в начале процесса сжатия V_1 , м³/кг. Определить давление газа после расширения при температуре t_2 , °С. Данные для решения задач выбрать из таблиц №1 и №2.

Таблица 3

По последней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Газ	H ₂	O ₂	CO	CO ₂	H ₂ O	NH ₃	N ₂	CH ₄	SO ₂	SO ₃
L, кДж	250	400	500	320	180	140	100	170	200	290

Таблица 3а

По предпоследней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V ₁ , м ³ /кг	0,21	0,18	0,3	0,24	0,42	0,28	0,15	0,42	0,5	0,19
t ₂ , °С	20	30	40	70	50	90	15	60	45	52

Задача №2

1 кг водяного пара при постоянном давлении P (атм) нагревается от температуры t_1 (°С) до температуры t_2 (°С). Определить количество затрачиваемого тепла, работу, изменение внутренней энергии и энтропии. Изобразить процесс в диаграммах $P - V$, $T - S$, $I - S$.

Таблица 4

По последней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление пара P, атм	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50

Таблица 4а

По предпоследней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная температура t ₁ , °С	400	390	420	290	340	430	360	320	300	270

Конечная температура $t_2, ^\circ\text{C}$	600	510	630	590	700	680	650	640	620	700
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Задача №3

Для цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при $V=\text{const}$ определить параметры характерных для цикла точек, количество подведенного и отведенного тепла, термический КПД цикла и его полезную работу при следующих известных данных: начальное давление рабочего тела P_1 , МПа; начальная температура рабочего тела $t_1, ^\circ\text{C}$; степень сжатия ε ; степень повышения давления λ . Рабочее тело – воздух, теплоемкость которого принять постоянной. Данные для решения задачи брать из таблиц №5 и №6

Таблица 5

По последней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1 , МПа	0,1	0,09	0,12	0,14	0,09	0,1	0,12	0,14	0,1	0,09
λ	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	1,5	1,7	2,0

Таблица 6

По предпоследней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1, ^\circ\text{C}$	60	80	100	80	60	70	50	90	100	110
ε	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6

Задания к самостоятельной контрольной работе для оценки уровня сформированности компетенции **ПК-19** на этапе «Владения»

Задача №4

Плоская стальная стенка толщиной δ_{c1} омывается с одной стороны горячими газами с температурой t_1 , а с другой водой с температурой t_2 . Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст} = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Определить коэффициент теплопередачи от газов к воде, плотность теплового потока и температуру обеих поверхностей стенок при условии отсутствия и наличия слоя накипи на стенке со стороны воды $\delta_n=3 \text{ мм}$. Коэффициент теплопроводности накипи $\lambda_n=2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке α_1 и от стенке к воде α_2 .

Таблица 7

По последней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
δ_{c1} , мм	30	25	12	22	14	10	18	24	16	12
α_1 , $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$	110	85	48	92	34	522	49	71	63	100
α_2 , $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$	2600	3200	1800	2000	2400	3000	1900	2200	2500	2700

Таблица 8

По предпоследней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$t_1, ^\circ\text{C}$	1500	1300	1100	1250	1430	1000	1170	1350	1480	1200
$t_2, ^\circ\text{C}$	180	160	140	100	120	150	130	170	110	90

Задача №5

В кожухотрубчатом рекуперативном теплообменном аппарате дымовые газы охлаждаются от температуры t_1' до температуры t_1'' , а воздух, движущийся противоточно, нагревается от 25°C до t_2'' . Количество подогреваемого воздуха V , коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воздуху k . Определить поверхность нагрева теплообменного аппарата.

Таблица 9

По последней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{ч}$	10	15	18	12	13	17	20	11	14	16
$k, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	22	18	23	21	17	19	16	20	24	22

Таблица 10

По предпоследней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1', ^\circ\text{C}$	450	510	475	430	500	520	420	400	460	550
$t_1'', ^\circ\text{C}$	160	180	140	150	190	200	130	130	150	200
$t_2'', ^\circ\text{C}$	170	190	150	160	200	210	160	140	150	210

Перечень вопросов к зачету

1. Основные понятия и определения: термодинамическая система, рабочее тело, основные параметры рабочего тела, термодинамический процесс.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Вычисление работы деформации газа.
4. Теплоемкость, вычисление теплоты.
5. Внутренняя энергия. Энтальпия. Энтропия.
6. Первый закон термодинамики.
7. Исследование изохорного термодинамического процесса с идеальным газом.
8. Исследование изобарного термодинамического процесса с идеальным газом.
9. Исследование изотермического термодинамического процесса с идеальным газом.
10. Исследование адиабатного термодинамического процесса с идеальным газом.
11. Политропные процессы.
12. Круговые процессы, цикл Карно.
13. Второй закон термодинамики.
14. Типы ДВС. Принцип работы. Теоретическая индикаторная диаграмма.
15. Цикл ДВС с изохорным подводом тепла: цикл Отто.
16. Циклы ДВС с изобарным подводом: цикл Дизеля.
17. Циклы ДВС со смешанным подводом тепла: цикл Тринклера.
18. Водяной пар, процесс парообразования в P-V, T-s диаграммах.

19. I-S диаграмма водяного пара. Графоаналитический метод расчета процессов с водяным паром.
20. Паротурбинные установки: циклы, КПД, принципиальные схемы.
21. Способы распространения тепла.
22. Теплопроводность в плоских, цилиндрических стенках.
23. Конвективная теплоотдача. Свободная конвекция. Критерии, критериальное уравнение.
24. Вынужденная конвекция. Критерии, критериальные уравнения.
25. Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки.
26. Классификация теплообменных аппаратов
27. Расчет теплообменных аппаратов.
28. Компрессорные установки. Мощность привода и КПД компрессора. Многоступенчатый компрессор.
29. Холодильные машины. Принципиальные схемы. Принцип действия. Идеальные циклы.
30. Газотурбинные установки: циклы, схемы, параметры характерных точек цикла Брайтона, энергетические характеристики цикла, способы повышения КПД.
31. Возобновляемые и невозобновляемые энергоресурсы.
32. Классификация органических топлив по агрегатному состоянию. Характеристика топлива.
33. Физический процесс горения топлива. Моторные топлива для поршневых ДВС.
34. Основные загрязнители окружающей среды от энергетики.
35. Антропогенное загрязнение атмосферы. Антропогенное загрязнение гидросферы.
36. Антропогенное влияние на тепловой баланс Земли.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценивание результатов обучения обучающихся производится по балльно-рейтинговой системе, разработанной в соответствии с положением принятым в БашГУ.

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			минимальный	максимальный
Модуль 1			0	50
Текущий контроль			0	25
СКР: задача №1	8	1	0	8
СКР: задача №2	8	1	0	8
Письменная контрольная работа	1	9		9
Рубежный контроль			0	25
Контрольное тестирование	25	1	0	25
Модуль 2			0	50
Текущий контроль			0	25
СКР: задача №3	6	1	0	6
СКР задачи №4, №5	5	2	10	10

Письменная контрольная работа	1	9		9
Рубежный контроль			0	25
Контрольное тестирование	25	1	0	25
Поощрительные баллы			0	10
Активная работа на лекции	1	5	0	5
Активная работа на практическом занятии	1	5	0	5
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	- 6
2. Посещение практических занятий			0	- 10
Итоговый контроль				
2. Зачет				

Объем и уровень сформированности компетенций целиком или на различных этапах у обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля количественной оценкой, выраженной в рейтинговых баллах. Оценке подлежит каждое контрольное мероприятие.

При оценивании сформированности компетенций применяется четырехуровневая шкала «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Максимальный балл по каждому виду оценочного средства определяется в рейтинг-плане и выражает полное (100%) освоение компетенции.

Уровень сформированности компетенции «хорошо» устанавливается в случае, когда объем выполненных заданий соответствующего оценочного средства составляет 80 - 100%; «удовлетворительно» – выполнено 40 - 80%; «неудовлетворительно» – выполнено 0 - 40%

Рейтинговый балл за выполнение части или полного объема заданий соответствующего оценочного средства выставляется по формуле:

$$\text{Рейтинговый балл} = k \times \text{Максимальный балл},$$

где $k = 0,2$ при уровне освоения «неудовлетворительно», $k = 0,4$ при уровне освоения «удовлетворительно», $k = 0,8$ при уровне освоения «хорошо» и $k = 1$ при уровне освоения «отлично».

Оценка на этапе промежуточной аттестации выставляется согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов БашГУ:

На дифференцированном зачете выставляется оценка:

- отлично - при накоплении от 80 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- хорошо - при накоплении от 60 до 79 рейтинговых баллов,
- удовлетворительно - при накоплении от 45 до 59 рейтинговых баллов,
- неудовлетворительно - при накоплении менее 45 рейтинговых баллов.

7. Учебно-методическое информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная учебная литература:

1. Кудинов В.А., Карташев Э.М., Стефанюк Е.В. Техническая термодинамика и теплотопература. Учебника для бакалавров. Юрайт, изд. 3-е, 2014. - 566с. – 20 экз.

2. Круглов Г. А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова ; Издательство "Лань" (ЭБС). – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 208 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – URL: https://e.lanbook.com/book/3900#book_name/ (19.08.18).

Дополнительная учебная литература:

1. Белобородова Т.Г. Теоретические основы гидравлики и теплотехники: Учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «050100.62 – Педагогическое образование», профиль «Технология». – Стерлитамак: Стерлитамакский филиал БашГУ, 2014. – 229 с. – 19 экз.
2. Белобородова Т.Г., Мулюкова Г.П. «Теплотехника»: учеб. пособия для студентов 3-х курсов пед. вузов спец. «Технология и предпринимательство». – Стерлитамак: Изд. СГПА, 2006. – 120 с. – 15 экз.
3. Теплотехника: Учебник / Ю.П. Семенов, А.Б. Левин - 2 изд. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 400 с.: – URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=470503> (21.08.18).

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

№	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
1.	Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM, договор с ООО «ЗНАНИУМ» № 3151эбс от 31.05.2018	До 03.06.2019
2.	Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» (коллекция книг для СПО), договор от 31.05.2018.	До 02.06.2019
3.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», договор с ООО «Нексмедиа» № 847 от 29.08.2017	До 01.10.2018
4.	Электронно-библиотечная система издательства «Лань», договор с ООО «Издательство «Лань» № 838 от 29.08.2017	До 01.10.2018
5.	База данных периодических изданий (на платформе EastView EBSCO), договор с ООО «ИВИС» № 133-П 1650 от 03.07.2018	До 31.06.2019
6.	База данных периодических изданий на платформе Научной электронной библиотеки (eLibrary), Договор с ООО «РУНЭБ» № 1256 от 13.12.2017	До 31.12.2018
7.	Электронная база данных диссертаций РГБ, Договор с ФГБУ «РГБ» № 095/04/0220 от 6 дек. 2017 г.	До 07.12.2018
8.	Национальная электронная библиотека, Договор с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438 от 13 апр. 2016 г.	Бессрочный
9.	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ», договор с ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014	Бессрочный

№	Адрес (URL)	Описание страницы
	http://sdo.strbsu.ru/course/view.php?id=1214	Белобородова Т.Г. Техническая термодинамика. Электронный учебный курс

7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Наименование программного обеспечения
Office Standard 2007 Russian OpenLicensePackNoLevelAcdmc
Windows 7 Professional

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.</p> <p>Уделить внимание следующим понятиям и вопросам: идеальный газ, процессы с идеальным газом, законы термодинамики, теплота, работа, теплоемкость, энтропия, энтальпия, круговые процессы, состояния водяного пара, графоаналитический метод расчета процессов с водяным паром, цикл Ренкина, цикл Карно, виды турбин, типы ТЭС, теплопроводность, закон Фурье, конвективная теплоотдача, закон Ньютона, излучение, степень черноты, теплопередача, расчет теплообменного аппарата, возобновляемые и невозобновляемые энергоресурсы.</p> <p>Работа с электронным учебным курсом «Техническая термодинамика» размещенным в системе дистанционного обучения СФ БашГУ: прохождение лекций, просмотр учебного видео, работа с глоссарием, справочной литературой.</p>
Практические занятия	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение задач из СКР, решение домашних задач, работа с электронным учебным курсом «Техническая термодинамика» размещенным в системе дистанционного обучения СФ БашГУ: изучение теоретического материала, просмотр учебного видео.</p>
Контрольная работа / тестирование	<p>Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.</p>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу из электронного учебного курса «Техническая термодинамика» размещенный в системе дистанционного обучения СФ БашГУ.</p>

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №36	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №37	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №38	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы №144	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры