

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИС: Комарова Светлана Юрьевна

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 05.09.2024 17:44:59

Уникальный программный ключ:

170b62a2aaba69ca249560a5d2dfa2e1cb0409df5bae

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Омский государственный аграрный университет имени П.А.Столыпина»
Факультет высшего образования**

ОПОП по направлению 35.03.06 Агроинженерия

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине**

Б1.О.15 Теплотехника

Направленность (профиль) «Технический сервис в АПК»

ВВЕДЕНИЕ

1. Фонд оценочных средств по дисциплине является обязательным обособленным приложением к Рабочей программе дисциплины.

3. Фонд оценочных средств является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися указанной дисциплины.

4. При помощи ФОС осуществляется контроль и управление процессом формирования обучающимися компетенций, из числа предусмотренных ФГОС ВО в качестве результатов освоения дисциплины.

5. Фонд оценочных средств по дисциплине включает в себя: оценочные средства, применяемые для входного контроля; оценочные средства, применяемые в рамках индивидуализации выполнения, контроля фиксированных видов ВАРС; оценочные средства, применяемые для текущего контроля и оценочные средства, применяемые при промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины.

6. Разработчиками фонда оценочных средств по дисциплине являются преподаватели кафедры Агрономии и агроинженерии, обеспечивающей изучение обучающимися дисциплины в университете. Содержательной основой для разработки ФОС послужила Рабочая программа дисциплины.

ЧАСТЬ 1. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ
учебной дисциплины, персональный уровень достижения которых проверяется
с использованием представленных в п. 3 оценочных средств

Компетенции, в формировании которых задействована дисциплина		Код и наименование индикатора достижений компетенции	Компоненты компетенций, формируемые в рамках данной дисциплины (как ожидаемый результат ее освоения)		
код	наименование		знать и понимать	уметь делать (действовать)	владеть навыками (иметь навыки)
1		2	3	4	5
Общепрофессиональные компетенции					
ОПК-1	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-1.1 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности	Основные законы термодинамики и теплообмена.	Рассчитывать основные параметры теплотехнического оборудования и тепловых установок.	Навыками расчета и эксплуатации тепловых машин
		ОПК-1.2 Использует знание математических методов для решения стандартных задач в соответствии с направлением профессиональной деятельности	Основные математические методы для решения задач в агроинженерии	Применять математические методы при решении инженерных задач в агропромышленном комплексе	Методами расчета теплотехнического оборудования
ОПК-5	Готов к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ОПК-5.1 Участвует в экспериментальных исследованиях по испытанию сельскохозяйственной техники	Процессы, происходящие при нагреве, охлаждении, тепло- и массообмене, конструкции тепловых машин, цель проведения эксперимента	Определять теплотехнические характеристики экспериментальными методами, проводить измерения и оценивать их результаты	Методиками проведения эксперимента и оценки его результатов
		ОПК-5.2 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные и результаты испытаний	Основные измерительные приборы и инструменты	Правильно использовать средства измерений	Методами обработки экспериментальных исследований

ЧАСТЬ 2. ОБЩАЯ СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ХОДА И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общие критерии оценки и реестр применяемых оценочных средств

2.1 Обзорная ведомость-матрица оценивания хода и результатов изучения учебной дисциплины в рамках педагогического контроля

Категория контроля и оценки	Режим контрольно-оценочных мероприятий				
	само-оценка	взаимо-оценка	Оценка со стороны		Комиссионная оценка
			преподавателя	представителя производства	
	1	2	3	4	5
Входной контроль					
- тестирование			X		
Индивидуализация выполнения*, контроль фиксированных видов ВАРС:					
- Контрольная работа №1,2			X		
Текущий контроль:					
- Самостоятельное изучение тем	X		X		
- в рамках лабораторных занятий и подготовки к ним	X		X		
- тестирование			X		
- в рамках общеуниверситетской системы контроля успеваемости			X		
Промежуточная аттестация* по итогам изучения дисциплины					
- тестирование			X		
- экзамен			X		
* данным знаком помечены индивидуализируемые виды учебной работы					

2.2 Общие критерии оценки хода и результатов изучения учебной дисциплины

1. Формальный критерий получения обучающимися положительной оценки по итогам изучения дисциплины:	
1.1 Предусмотренная программа изучения дисциплины обучающимся выполнена полностью до начала процесса промежуточной аттестации	1.2 По каждой из предусмотренных программой видов работ по дисциплине обучающийся успешно отчитался перед преподавателем, демонстрируя при этом должный (не ниже минимально приемлемого) уровень сформированности элементов компетенций
2. Группы неформальных критериев качественной оценки работы обучающегося в рамках изучения дисциплины:	
2.1 Критерии оценки качества хода процесса изучения обучающимся программы дисциплины (текущей успеваемости)	2.2. Критерии оценки качества выполнения конкретных видов ВАРС
2.3 Критерии оценки качественного уровня итоговых результатов изучения дисциплины	2.4. Критерии аттестационной оценки качественного уровня результатов изучения дисциплины

**2.3 Реестр
элементов фонда оценочных средств по учебной дисциплине**

Группа оценочных средств	Оценочное средство или его элемент
	Наименование
1. Средства для входного контроля	Контрольные вопросы для проведения входного контроля
	Критерии оценки ответов на контрольные вопросы входного контроля
2. Средства для индивидуализации выполнения, контроля фиксированных видов ВАРС	Задания для контрольной работы 1
	Задания для контрольной работы 2
	Шкала и критерии оценивания контрольных работ
3. Средства для текущего контроля	Вопросы для самостоятельного изучения
	Общий алгоритм самостоятельного изучения вопросов
	Критерии оценки самостоятельного изучения вопросов
	Вопросы для самоподготовки по темам лабораторных занятий
	Критерии оценки самоподготовки по темам лабораторных занятий
	Тестовые вопросы для проведения текущего контроля
	Критерии оценки ответов на тестовые вопросы текущего контроля
4. Средства для промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины	Тестовые вопросы для проведения выходного контроля
	Критерии оценки ответов на тестовые вопросы выходного контроля
	Экзаменационная программа по учебной дисциплине
	Пример экзаменационного билета
	Плановая процедура проведения экзамена
	Критерии оценки ответов на вопросы экзамена для промежуточного контроля

1.2. Описание показателей, критериев и шкал оценивания и этапов формирования компетенций в рамках дисциплины (экзамен)

Индекс и название компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Индикаторы компетенции	Показатель оценивания – знания, умения, навыки (владения)	Уровни сформированности компетенций				Формы и средства контроля формирования компетенций
				компетенция не сформирована	минимальный	средний	высокий	
				Оценки сформированности компетенций				
				2	3	4	5	
				Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»	
				Характеристика сформированности компетенции				
			Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений и навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач		
Критерии оценивания								
ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных	ОПК-1.1	Полнота знаний	Основные законы термодинамики и теплообмена.	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, ответственном в программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, ответственном в программе подготовки, без ошибок	Предэкзаменационный тест; Теоретические вопросы экзаменационного задания; Контрольная работа
		Наличие умений	Рассчитывать основные параметры теплотехнического оборудования и тепловых установок..	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	

законов математических и естественных наук с применением информационных коммуникационных технологий		Наличие навыков (владение опытом)	Навыками расчета и эксплуатации тепловых машин	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	
	ОПК-1.2	Полнота знаний	Основные математические методы для решения задач в агроинженерии	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Предэкзаменационный тест; Теоретические вопросы экзаменационного задания; Контрольная работа
		Наличие умений	Применять математические методы при решении инженерных задач в агропромышленном комплексе	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	
Наличие навыков (владение опытом)	Методами расчета теплотехнического оборудования	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов			
ОПК-5 Готов к участию в проведении экспериментов	ОПК-5.1	Полнота знаний	Процессы, проходящие при нагреве, охлаждении, тепло- и массообмене, конструкции тепловых машин, цель проведения эксперимента	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Предэкзаменационный тест; Теоретические вопросы экзаменаци-

тальных исследований в профессиональной деятельности		Наличие умений	Определять теплотехнические характеристики экспериментальными методами, проводить измерения и оценивать их результаты	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	онного задания; Контрольная работа
		Наличие навыков (владение опытом)	Методиками проведения эксперимента и оценки его результатов	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	
ОПК-5.2		Полнота знаний	Процессы, проходящие при нагреве, охлаждении, тепло- и массообмене, конструкции тепловых машин, цель проведения эксперимента	Основные измерительные приборы и инструменты	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Предэкзаменационный тест; Теоретические вопросы экзаменационного задания; Контрольная работа
		Наличие умений	Определять теплотехнические характеристики экспериментальными методами, проводить измерения и оценивать их результаты	Правильно использовать средства измерений	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	

		Наличие навыков (владение опытом)	Методиками проведения эксперимента и оценки его результатов	Методами обработки экспериментальных исследований	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	
--	--	-----------------------------------	---	---	---	---	--	--

ЧАСТЬ 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Часть 3.1. Типовые контрольные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

3.1.1 . Средства, применяемые для входного контроля

Входной контроль проводится в рамках первого лекционного занятия с целью выявления реальной готовности обучающихся к освоению данной дисциплины за счёт знаний и умений, сформированных в предшествующих дисциплинах. Входной контроль разрабатывается при подготовке рабочей программы учебной дисциплины. Входной контроль проводится в форме опроса.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ для проведения входного контроля

1. Назовите основные положения молекулярно-кинетической теории.
2. Какими явлениями движение?
3. Какой газ называется идеальным?
4. Напишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории.
5. Напишите уравнение эти положения подтверждаются?
6. Что такое броуновское для средней кинетической энергии молекулы газа.
7. Как связана средняя кинетическая энергия молекулы газа с абсолютной температурой?
8. Что такое абсолютная температура с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
9. Что такое абсолютное давление с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
10. Что такое удельный объём газа с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
11. Напишите уравнение состояния идеального газа.
12. Какую форму имеет кривая распределения молекул газа по скоростям? В каких координатах ее изображают?
13. Что такое наивероятнейшая скорость молекул газа?
14. Дайте определение одного моля вещества.
15. Что такое теплота и чем она измеряется?

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ответов на контрольные вопросы входного контроля

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов выше 60%.
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов ниже (или равно) 60%.

3.1.2 Средства для индивидуализации выполнения, контроля фиксированных видов ВАРС

В ходе изучения дисциплины предлагается выполнить ряд заданий в рамках фиксированных видов ВАРС. Это – выполнение двух контрольных работ.

Все задания направлены на формирование умений работать самостоятельно, осмысленно отбирать и оформлять материал, распределять своё рабочее время, работать с различными типами материалов.

Задания для контрольной работы 1

Тема: Расчет котельной установки для теплоснабжения предприятий

Цель работы: Освоение приемов пользования таблицами теплоемкостей компонентов газовой смеси, методов расчета отдельных элементов котлоагрегата паросиловой установки.

1. Исходные данные для выполнения работы

- 1.1. Производительность котла D [т/ч].
- 1.2. Топливо: вид, месторождение, испарительность I [кг/кг], состав и объём V [м³/кг] продуктов сгорания, теплота сгорания топлива Q_H^P [кДж/кг].
- 1.3. Режим работы котлоагрегата (снижение температуры дымовых газов):
– в топке в результате лучистого теплообмена с t_1^T до t_2^T [°C].

– в зоне кипящих труб вследствие конвективного теплообмена с t_1^K до t_2^K [°C].

– в экономайзере вследствие конвективного теплообмена с $t_1^{ЭК}$ до $t_2^{ЭК}$ [°C].

1.4. Режим работы паросиловой установки (ПСУ):

– мощность паровой турбины N_T [кВт];

– удельный расход пара d_0 [кг/(кВт·ч)];

– температура воды, добавляемой из водопровода $t_{д.в.}$ [°C].

1.4. Режим работы экономайзера:

– разряжение в газоходах экономайзера $W_{ЭК}$ [мм вод. ст.];

– приведенное барометрическое давление B [мм рт. ст.];

– коэффициент теплопередачи экономайзера K [Вт/(м²·К)];

Все эти исходные данные для расчетов по вариантам приведены в *таблицах 1 и 2*.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Изучить принципиальную схему паросиловой установки (ПСУ), представленной на рис. 1. Ознакомиться с процессом производства пара с помощью данной ПСУ, уяснить функциональное назначение входящих в эту схему элементов. Затем приступить к следующим этапам.

Таблица 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ТОПЛИВУ

№ варианта	D [$\frac{m}{ч}$]	Месторождение	I [$\frac{кг}{кг}$]	Q_H^P [$\frac{кДж}{кг}$]	Объем продуктов сгорания [$M^3 / кг$]		
					CO ₂	H ₂ O	N ₂
1	12	Кизеловское	5,0	21700	0,94	0,60	4,20
2	14	Богословское	5,2	11300	0,99	0,57	4,37
3	6	Кемеровское	5,4	23960	0,64	0,67	2,59
4	8	Бабаевское	5,6	27910	0,5	0,97	2,20
5	10	Подмосковное	5,8	10224	0,5	0,98	2,20
6	12	Минусинское	6,0	25360	0,79	0,69	3,23
7	16	Челябинское	6,2	14600	0,84	0,82	3,51
8	18	Карагандинское	6,4	22800	0,79	0,61	3,31
9	20	Ленинское	6,6	24690	0,79	0,69	3,23
10	12	Экибастузское	6,8	17100	1,26	0,70	5,45
11	14	Райчихинское	7,0	19200	0,83	0,59	3,57
12	6	Калужское	6,2	24320	0,71	0,77	2,87
13	8	Макарьевское	6,5	20120	0,56	0,77	2,36
14	10	Сучанское	6,6	18080	0,41	0,90	1,76
15	12	Подгородненское	6,7	17400	1,02	0,56	4,40
16	16	Таврическое	6,8	18050	0,93	0,43	3,97
17	18	Гусиноозерское	6,9	11360	0,89	0,64	3,79
18	20	Богословское	5,2	11300	0,99	0,57	4,37
19	12	Егоршинское	5,6	25500	0,64	0,67	2,85
20	6	Донецкое	5,8	26500	1,25	0,47	5,69
21	16	Галимовское	6,0	21500	1,36	0,50	5,77
22	8	Липовецкое	6,2	21800	1,19	0,60	5,91
23	10	Азейское	7,2	21400	0,94	0,61	3,91
24	12	Кизеловское	5,0	21700	0,94	0,60	4,20
25	16	Богословское	5,2	11300	0,99	0,57	4,37
26	18	Кемеровское	5,4	23960	0,64	0,67	2,59
27	14	Бабаевское	5,6	27910	0,5	0,97	2,20
28	16	Подмосковное	5,8	10224	0,5	0,98	2,20
29	8	Минусинское	6,0	25360	0,79	0,69	3,23

30	10	Челябинское	6,2	14600	0,84	0,82	3,51
31	12	Карагандинское	6,4	22800	0,79	0,61	3,31
32	16	Ленинское	6,6	24690	0,79	0,69	3,23

Таблица 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО РЕЖИМАМ РАБОТЫ

№ варианта	Р е ж и м ы р а б о т ы												
	котлоагрегата						ПСУ				экономайзера		
	t_1^T	t_2^T	t_1^K	t_2^K	$t_1^{ЭК}$	$t_2^{ЭК}$	N_T	d_o	W_K	$t_{ДВ}$	$W_{ЭК}$	B	K
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[кВт]	кг/(кВт·ч)	мм рт. ст.	[°C]	мм вод. ст.	мм рт. ст.	Вт/(м ² ·К)
1	1200	850	850	650	650	250	300	6,0	550	15	35	745	29
2	1300	1150	1150	800	800	450	700	6,1	560	16	36	745	30
3	1100	850	850	650	650	300	900	6,2	570	17	37	740	31
4	1000	800	800	650	650	350	1000	6,3	580	18	38	735	32
5	1200	900	900	650	650	300	1200	6,4	590	19	39	750	34
6	1100	900	900	650	650	250	1500	6,5	600	20	40	745	32
7	1000	750	750	500	500	300	200	6,6	610	21	41	747	38
8	950	750	750	600	600	300	2500	6,0	550	22	42	740	40
9	1200	850	850	600	600	300	3000	6,1	560	15	43	735	42
10	1100	800	800	500	500	300	300	6,2	570	16	44	750	44
11	1200	800	800	600	600	200	650	6,3	580	17	45	755	29
12	1100	800	800	400	400	200	850	6,4	590	18	46	745	31
13	950	700	700	450	450	250	950	6,5	600	19	47	735	33
14	1200	900	900	500	500	250	1000	6,6	610	20	48	745	35
15	1100	800	800	400	400	300	1200	6,0	620	21	49	745	37
16	1050	950	950	500	500	300	1300	6,1	630	22	50	745	39
17	1000	800	800	400	400	300	1800	6,2	590	23	45	745	38
18	1200	800	800	600	600	300	2000	6,3	580	15	46	745	36
19	1100	900	900	500	500	300	250	6,4	570	16	47	740	34
20	1050	800	800	600	600	250	700	6,5	560	17	48	740	32
21	1000	800	800	500	500	300	800	6,6	550	18	49	750	40
22	950	750	750	500	500	300	950	6,0	540	19	50	750	28
23	1000	800	800	500	500	200	1200	6,1	600	20	51	752	29
24	1200	1000	1000	800	800	200	1500	6,2	610	21	52	752	30
25	950	600	600	400	400	200	1300	6,3	600	22	53	747	35
26	1100	900	900	500	500	300	900	6,4	620	14	54	737	36
27	950	750	750	600	600	300	900	6,2	570	17	36	745	30
28	1200	850	850	600	600	300	1000	6,3	580	18	37	740	31
29	1100	800	800	500	500	300	1200	6,4	590	19	38	735	32
30	1200	800	800	600	600	200	1500	6,5	600	20	39	750	34
31	1100	800	800	400	400	200	200	6,6	610	21	40	745	32
32	950	750	750	500	500	300	2500	6,0	550	22	41	747	38

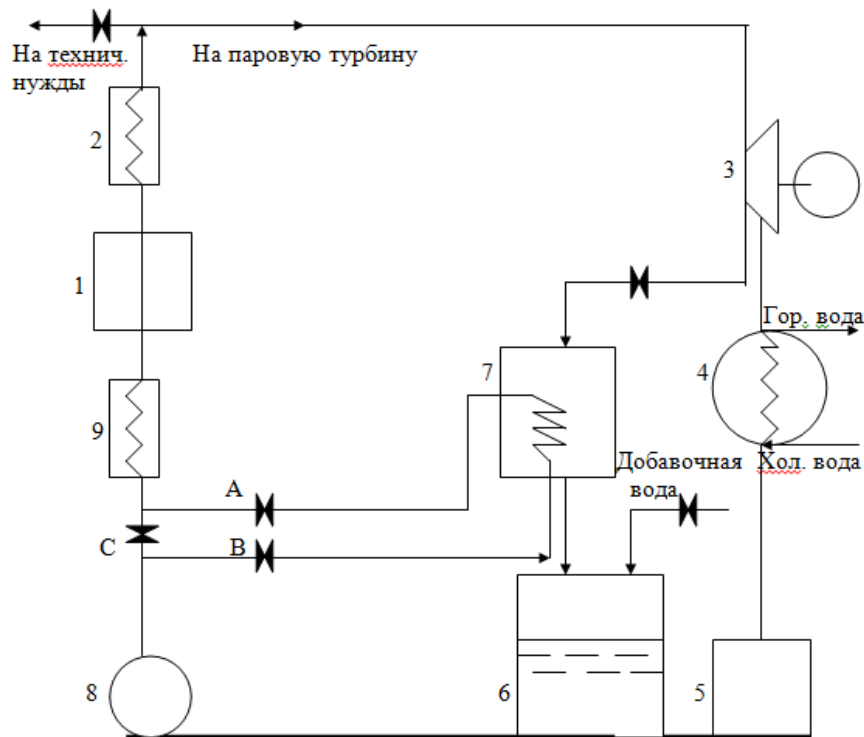


Рис. 1. Схема паросиловой установки:

1 – котлоагрегат, 2 – пароперегреватель, 3 – паровая турбина с генератором, 4 – конденсатор отработанного пара, 5 – вакуум-насос, 6 – сборный бак питательной воды, 7 – паровой водоподогреватель, 8 – питательный насос, 9 – водяной экономайзер.

2.2. Определить температуру смеси добавочной воды и конденсата паровой турбины. Установить необходимость предварительного подогрева (до экономайзера) питательной воды.

2.2.1. Вычислить количество конденсата паровой турбины

$$K_k = N_T \cdot d_0,$$

где d_0 – удельный расход пара [кг/(кВт·ч)] (таблица 2); N_T – мощность паровой турбины

[кВт] (таблица 2); K_k – количество конденсата [кг/ч].

2.2.2. Определить количество добавочной воды [кг/ч]

$$K_{д.в.} = D - K_k,$$

где D – паропроизводительность котла [1 т/ч = 1000 кг/ч] (таблица 1).

2.2.3. Определение температуры конденсата $t_k = f(p_k)$ в конденсаторе 4 (рис. 1) по таблице 3. При этом давление насыщенных паров в конденсаторе вычисляется по формуле

$$p_k = (B - W_k) \text{ мм рт.ст.} = \frac{B - W_k}{735,6} \text{ атм} = \frac{0,987}{735,6} (B - W_k) \text{ бар},$$

где данные B и W_k берутся из таблицы 2.

Таблица 3. НАСЫЩЕННЫЙ ВОДЯНОЙ ПАР

Давление p [бар]	Температура насыщения t [°C]	Энтальпия кипения воды i [кДж/кг]	Скрытая теплота парообразования r [кДж/кг]	Энтальпия сухого пара i_n [кДж/кг]	Удельный объем [м ³ /кг]	
					воды V_B	Пара V_n
1	2	3	4	5	6	7
0,01	6,92	29,32	2484	2513	0,004	129,9

0,02	17,51	73,52	3459	2533	0,001	66,97
0,03	24,09	101,04	2444	2545	0,001	45,66
0,04	26,98	124,42	2433	2554	0,001	34,61
0,05	32,88	137,83	2423	2561	0,001	28,19
0,06	36,18	151,50	2415	2567	0,001	23,74
0,07	39,03	103,43	2409	2572	0,001	20,53
0,08	41,54	173,9	2402	2576	0,001	18,10
0,09	43,79	183,3	2397	2580	0,001	16,20
0.1	45,84	191,9	2392	2584	0,001	14,65
0,2	60,08	251,4	2358	2609	0,001	7,647
0,3	69,12	289,3	2336	2625	0,001	5,23
0.4	75,88	317,7	2318	2636	0,001	3,99
0,5	81,35	340,6	2304	2645	0,001	3,24
0.6	85,95	360,0	2293	2653	0,001	2,73
0.7	89,97	376,8	2283	2660	0,001	2,36
0.8	93,52	391,8	2273	2665	0,001	2,08
0.9	96,72	405,3	2265	2670	0,001	1,87
1.0	99,64	417,4	2258	2675	0,001	1,69

2.2.4. Определить температуру смеси конденсата и добавочной воды в питательном баке 6 (рис.1).

$$t_{см} = \frac{K_{д.в} \cdot t_{д.в} + K_{к} \cdot t_{к}}{K_{к} + K_{д.в}}$$

2.2.5. Определить достаточную температуру питательной воды. Такая температура должна превышать точку росы t_s на 10-15 градусов

$$t_{пит.в.} = t_s + (10 - : -15).$$

Точку росы t_s определяют по парциальному давлению водяного пара p_{H_2O} из таблицы 3. Само же это давление вычисляется по формуле

$$p_{H_2O} = p_{см} \cdot r_{H_2O},$$

где объемная доля водяного пара в смеси газов $r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}}$, а входящие сюда

объемы продуктов сгорания CO_2 , H_2O и N_2 следует взять из таблицы 1.

Абсолютное давление смеси газов в экономайзере 9 (рис.1) найдется из выражения

$$p_{см} = \left(\frac{B}{735,6} - \frac{W_{ЭК}}{10000} \right) атм = 0,987 \left(\frac{B}{735,6} - \frac{W_{ЭК}}{10000} \right) бар,$$

где данные B и $W_{\text{ЭК}}$ берутся из *таблицы 2*.

Если при этих вычислениях будет иметь место неравенство $t_{\text{ПИТ.В.}} > t_{\text{СМ}}$, то вода перед подачей на экономайзер подвергается паровому подогреву. Для этого надо открыть вентили А, В и закрыть вентиль С (рис.1).

2.3. Определить КПД котлоагрегата. С этой целью произвести следующие вычисления.

2.3.1. Найти полезно использованную в котлоагрегате теплоту на всех его участках (топка, конвективный участок, экономайзер – см. рис. 2).

$Q_{\text{ПОЛ.}}^{\text{ОБЩ.}} = Q_{\text{Т.}} + Q_{\text{К.У.}} + Q_{\text{ЭК}}$ – полезно использованная в котлоагрегате теплота [кДж/кг]. Пусть

Q_i – полезно использованная теплота на i -м участке котлоагрегата, т.е. $Q_i \in \{Q_{\text{Т.}}, Q_{\text{К.У.}}, Q_{\text{ЭК}}\}$. Тогда

$$Q_i = V_{\text{ОБЩ.}} \cdot {}_{t_1}^{t_2} C_{\text{РПСМ}} \cdot (t_i^2 - t_i^1),$$

где $V_{\text{ОБЩ.}} = V_{\text{СМ}} \cdot \frac{D}{I}$ – общий объем дымовых газов [м³/ч], $V_{\text{СМ}} = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2}$, а вели-

чины V_{CO_2} , $V_{\text{H}_2\text{O}}$, V_{N_2} , D , I определяются из *таблицы 1*.

${}_{t_1}^{t_2} C_{\text{РПСМ}}$ – средняя объемная теплоемкость при постоянном давлении ($p = \text{const}$) в интервале температур от t_i^1 до t_i^2 [кДж/(м³·К)]. Ее можно вычислить по формуле

$${}_{t_1}^{t_2} C_{\text{РПСМ}} = \sum_{j=\text{CO}_2}^{N_2} {}_{t_1}^{t_2} C_{\text{Рij}} \cdot r_j = {}_{t_1}^{t_2} C_{\text{РiCO}_2} \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{СМ}}} + {}_{t_1}^{t_2} C_{\text{РiH}_2\text{O}} \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{СМ}}} + {}_{t_1}^{t_2} C_{\text{РiN}_2} \frac{V_{\text{N}_2}}{V_{\text{СМ}}},$$

где ${}_{t_1}^{t_2} C_{\text{Рij}}$ – средняя объемная теплоемкость j -го компонента дымовых газов ($j \in \{\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{N}_2\}$) при постоянном давлении ($p = \text{const}$) в интервале температур от t_i^1 до t_i^2 [кДж/(м³·К)]. Она определяется из выражения

$${}_{t_1}^{t_2} C_{\text{Рij}} = \frac{C_{\text{Рij}}(t_i^1) \cdot t_i^1 - C_{\text{Рij}}(t_i^2) \cdot t_i^2}{t_i^1 - t_i^2} \left[\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} \right].$$

Здесь удельные объемные теплоемкости $C_{\text{Рij}}(t)$ находятся из *таблицы 4*, а остальные данные из *таблиц 1 и 2*.



Рис. 2. Тракты котлоагрегата.

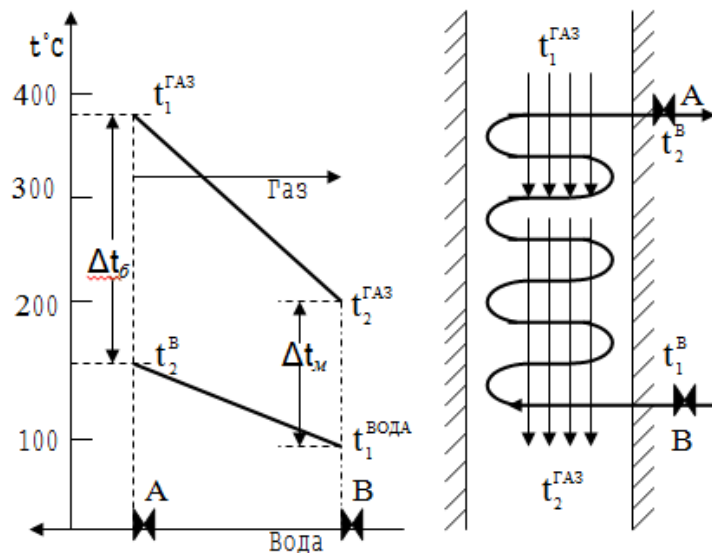


Рис. 3. Схема экономайзера и диаграмма определения температурного напора.

2.3.2. Определить теплоту, затраченную на работу котлоагрегата по формуле

$$Q_{\text{ЗАТР}} = \frac{D}{I} \cdot Q_p^H,$$

где данные D, I, Q_p^H берутся из таблицы 1.

2.3.3. Наконец, вычисляется КПД котлоагрегата $\eta = \frac{Q_{\text{ПОЛ}}^{\text{ОБЩ}}}{Q_{\text{ЗАТР}}} \cdot 100\%$.

Таблица 4. ОБЪЕМНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ПРИ $p = \text{const}$ $\left[\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} \right]$

Температура $t^\circ\text{C}$	Г А З Ы				
	CO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂	Воздух
0	1,599	1,494	1,305	1,298	1,290
100	1,700	1,505	1,317	1,300	1,300
200	1,737	1,522	1,335	1,303	1,307
300	1,862	1,548	1,356	1,310	1,317
400	1,927	1,565	1,377	1,320	1,328
500	1,988	1,589	1,378	1,322	1,342
600	2,041	1,614	1,416	1,348	1,356
700	2,088	1,668	1,434	1,388	1,370
800	2,131	1,695	1,449	1,371	1,380
900	2,169	1,722	1,466	1,384	1,390
1000	2,203	1,750	1,477	1,397	1,407
1100	2,235	1,770	1,489	1,408	1,427
1200	2,263	1,802	1,500	1,420	1,432
1300	2,298	1,825	1,510	1,430	1,443
1400	2,313	1,828	1,520	1,440	1,458
1500	2,335	1,857	1,529	1,449	1,462

2.4. Рассчитать поверхность нагрева экономайзера. С этой целью выполнить следующие расчеты.

2.4.1. Определить температуру воды t_2^B [$^\circ\text{C}$] на выходе из экономайзера (рис. 3) из уравнения

$$Q_{\text{ЭК}} = D \cdot c_B \cdot (t_2^B - t_1^B),$$

откуда

$$t_2^B = t_1^B + \frac{Q_{\text{ЭК}}}{D \cdot c_B},$$

где $c_B = 4,187 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – удельная теплоемкость питательной воды,

$t_1^B = t_{\text{ПИТ.В.}}$ – температура питательной воды при входе в экономайзер получена в п. 2.2.5,

D – паропроизводительность котла [$1 \text{ т/ч} = 1000 \text{ кг/ч}$] берется из *таблицы 1*, $Q_{\text{ЭК}}$ – полезная теплота экономайзера вычислена в п. 2.3.

2.4.2. Определить средний температурный напор между двумя средами (дымовыми газами и питательной водой) в экономайзере. На рис. 3 введены обозначения:

Δt_6 – большая разность температур между дымовыми газами и питательной водой;

Δt_m – меньшая разность температур между дымовыми газами и питательной водой.

Средний температурный напор между этими средами при $\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} \leq 1,5$ вычисляется как среднее

арифметическое, т.е.

$$\Delta t_{\text{СРЕД}} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2},$$

а при $\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} > 1,5$ – как среднее логарифмическое

$$\Delta t_{\text{СРЕД}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}.$$

2.4.3. Определить площадь поверхности нагрева экономайзера можно из следующего уравнения

$$Q_{\text{ЭК}} = S_{\text{ЭК}} \cdot K \cdot \Delta t_{\text{СРЕД}},$$

откуда искомая площадь

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{Q_{\text{ЭК}}}{K \cdot \Delta t_{\text{СРЕД}}},$$

где K – коэффициент теплоотдачи экономайзера $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$ из *таблицы 2*.

Замечание. При вычислении $S_{\text{ЭК}}$ проверьте размерность. Данные следует подставлять в таких единицах измерения, чтобы ответ получился в м^2 .

3. Контрольные вопросы

- 3.1. Расскажите принцип действия паросиловой установки.
- 3.2. От чего зависит температура точки росы?
- 3.3. Зависит ли теплоемкость газов при постоянном давлении от температуры?
- 3.4. От чего зависит КПД котлоагрегата?
- 3.5. Назовите основные элементы принципиальной схемы ПСУ и изложите их функциональное назначение при производстве пара.

Задания контрольной работы 2

**Тема: АНАЛИЗ ЦИКЛА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
СО СМЕШАННЫМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ**

1. Исходные данные для выполнения работы

- 1.1. В качестве рабочего тела принимается идеальный газ (воздух) с удельными теплоемкостями:

$c_p = 1,01 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – удельная теплоемкость при постоянном давлении;

$c_v = 0,72 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – удельная теплоемкость при постоянном объеме.

1.2. Параметры рабочего тела:

p_1 – начальное давление [МПа];

t_1 – начальная температура [°C].

1.3. Характеристики цикла:

λ – степень повышения давления;

ϵ – степень сжатия;

ρ – степень предварительного расширения.

Эти исходные данные по вариантам приведены в *таблице 5*.

На рис. 4 приведены **vp**- (а) и **sT**-диаграммы (б) цикла ДВС со смешанным подводом теплоты (Тринклера).

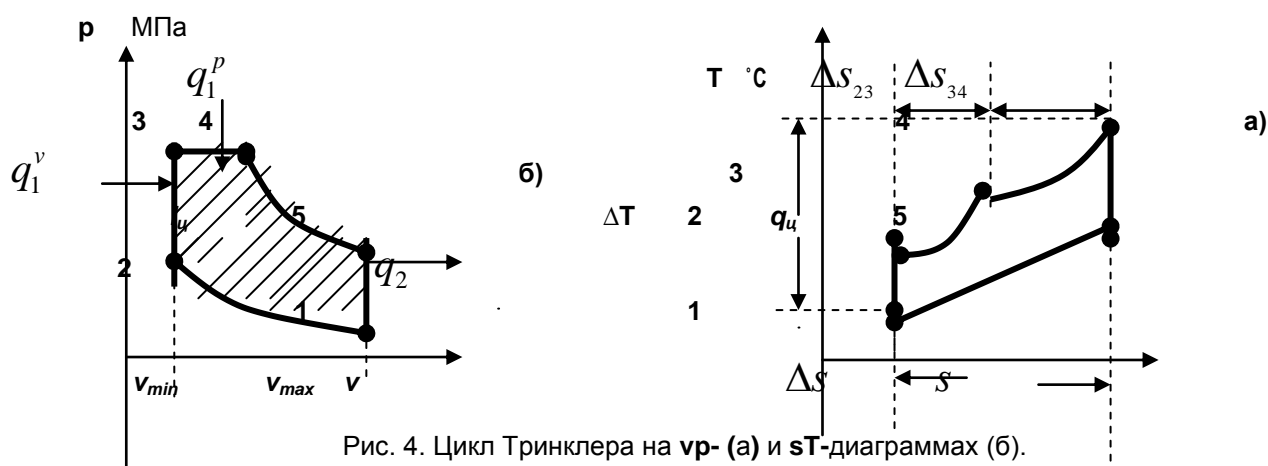


Рис. 4. Цикл Тринклера на **vp**- (а) и **sT**-диаграммах (б).

Этот цикл состоит из следующих идеальных процессов:

$1 \rightarrow 2$ – изэнтропное сжатие, $2 \rightarrow 3$ – изохорический подвод теплоты q_1^v ,

$3 \rightarrow 4$ – изобарный подвод теплоты q_1^p , $4 \rightarrow 5$ – изэнтропное расширение

(рабочий ход), $5 \rightarrow 1$ – изохорный отвод теплоты q_2 (выхлоп).

Таблица 5. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПО ВАРИАНТАМ

Вариант №	Параметры рабочего тела		Характеристики цикла ДВС		
	p_1 [МПа]	t_1 [°C]	λ	ϵ	ρ
1	0,22	65	1,40	16	1,30
2	0,18	30	1,50	17	1,35
3	0,16	35	1,60	18	1,40

4	0,21	40	1,70	19	1,45
5	0,14	26	1,80	20	1,50
6	0,20	18	1,90	21	1,55
7	0,17	28	2,00	16	1,60
8	0,23	38	1,45	17	1,65
9	0,12	37	1,55	18	1,70
10	0,15	31	1,65	19	1,75
11	0,19	25	1,75	20	1,80
12	0,24	27	1,85	21	1,85
13	0,14	29	1,95	16	1,90
14	0,12	32	1,20	17	1,95
15	0,18	33	1,30	18	2,00
16	0,13	34	1,40	19	2,05
17	0,15	36	1,50	20	2,10
18	0,25	39	1,60	21	2,15
19	0,14	41	1,70	16	2,20
20	0,16	42	1,80	17	1,30
21	0,21	43	1,90	18	1,40
22	0,13	44	2,00	19	1,50
23	0,19	45	1,35	20	1,60
24	0,18	46	1,25	21	1,70
25	0,17	47	1,45	16	1,80
26	0,20	48	1,55	17	1,90

2. Порядок выполнения работы

2.1. Определить термодинамические параметры p , v , T в характерных точках цикла, используя начальные их значения p_1 и $T_1 = t_1 + 273,15$ и характеристики цикла.

2.1.1. **Точка 1:** p_1 , t_1 известны из таблицы 5, $T_1 = t_1 + 273,15$ [°K], а удельный объем находится из уравнения Клапейрона

$$v_1 = \frac{RT_1}{p_1} \left[\frac{м^3}{кг} \right],$$

где $R = c_p - c_v = (1,01 - 0,72) \frac{кДж}{кг \cdot К}$ — газовая постоянная рабочего тела.

$$2.1.2. \text{Точка 2: } p_2 = p_1 \cdot \varepsilon^k, T_2 = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1}, v_2 = v_1 \cdot \varepsilon^{-1}, \text{ где } k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1,01}{0,72} \text{ — показате-}$$

тель адиабаты рабочего тела.

$$2.1.3. \text{Точка 3: } p_3 = p_2 \cdot \lambda, T_3 = T_2 \cdot \lambda, v_3 = v_2.$$

$$2.1.4. \text{Точка 4: } p_4 = p_3, T_4 = T_3 \cdot \rho, v_4 = v_3 \cdot \rho.$$

$$2.1.5. \text{Точка 5: } p_5 = p_1 \cdot \lambda \cdot \rho^k, T_5 = T_1 \cdot \lambda \cdot \rho^k, v_5 = v_1.$$

2.2. Определить количество подведенной и отведенной теплоты (Q_1 и Q_2).

2.2.1. Количество подведенной теплоты $Q_1 = q_1^v + q_1^p$ (рис. 4). В процессе $2 \rightarrow 3$ осуществляется изохорический подвод теплоты $q_1^v = c_v(T_3 - T_2)$, а в процессе $3 \rightarrow 4$ – изобарный подвод теплоты $q_1^p = c_p(T_4 - T_3)$. Таким образом, количество подведенной теплоты $Q_1 = c_v(T_3 - T_2) + c_p(T_4 - T_3)$.

2.2.2. Количество отведенной теплоты – это теплота, отведенная в изохорном процессе $5 \rightarrow 1$ (выхлоп). Поэтому она равна $Q_2 = c_v(T_5 - T_1)$.

$$2.3. \text{Вычислить термический КПД цикла. } \eta_t = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \cdot 100\%.$$

2.4. Определить полезную работу цикла $\left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\right]$. Эта величина численно равна площади плоской фигуры, контуром которой является цикл. На рис.4а эта площадь заштрихована. При этом работа произвольного процесса $a \rightarrow b$ в общем случае определяется из выражения $l_{a \rightarrow b} = \int_{v_a}^{v_b} p(v) dv$,

что численно равно площади под кривой, которую на vp -диаграмме описывает данный процесс. Чтобы найти площадь заштрихованной фигуры (рис. 4а), нужно площадь прямоугольника под отрезком $3 \rightarrow 4$ сложить с площадью криволинейной трапеции под дугой $4 \rightarrow 5$ и вычесть площадь криволинейной трапеции под дугой $1 \rightarrow 2$. Поэтому работа нашего цикла будет равна $l_{\text{пол}} = l_{3 \rightarrow 4} + l_{4 \rightarrow 5} - l_{1 \rightarrow 2}$.

2.4.1. Работа изобарного процесса $3 \rightarrow 4$, на котором $p = p_4 = p_3 = \text{const}$, равна $l_{3 \rightarrow 4} = \int_{v_3}^{v_4} p_3 dv = p_3(v_4 - v_3)$.

2.4.2. Работа адиабатного процесса $3 \rightarrow 4$, на котором $pv^k = p_4 v_4^k = \text{const}$, откуда $p = p_4 v_4^k \frac{1}{v^k}$, будет

$$l_{4 \rightarrow 5} = \int_{v_4}^{v_5} p dv = v_4^k p_4 \int_{v_4}^{v_5} v^{-k} dv = v_4^k p_4 \frac{v_5^{1-k} - v_4^{1-k}}{1-k} = \frac{v_4 p_4 - v_5 p_5}{k-1}.$$

2.4.3. Аналогично работа адиабатного процесса $1 \rightarrow 2$, где $pv^k = p_1 v_1^k = \text{const}$, откуда $p = p_1 v_1^k \frac{1}{v^k}$, будет

$$l_{1 \rightarrow 2} = \int_{v_1}^{v_2} p dv = v_1^k p_1 \int_{v_1}^{v_2} v^{-k} dv = v_1^k p_1 \frac{v_2^{1-k} - v_1^{1-k}}{1-k} = \frac{v_1 p_1 - v_2 p_2}{k-1}.$$

2.5. Построить по вычисленным данным на миллиметровке в масштабе реальный цикл на **vp**- и **sT**-диаграммах. При построении **sT**-диаграммы на оси абсцисс точки $S_1 = S_2$ и $S_4 = S_5$ берутся произвольно. Затем вычисляются величины изменения энтропии в изохорном процессе $2 \rightarrow 3$ по известной формуле $\Delta s_{23} = c_v \ln \frac{T_3}{T_2}$, а в изобарном процессе $3 \rightarrow 4$ $\Delta s_{34} = c_p \ln \frac{T_4}{T_3}$, и находится их сумма $\Delta s = \Delta s_{23} + \Delta s_{34}$.

Измеренный в миллиметрах отрезок, отложенный на оси абсцисс, делим на Δs и получаем цену деления в миллиметрах $1 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}$. Далее в масштабе строим на **sT**-диаграмме дуги процессов $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$ и $5 \rightarrow 1$.

3. Контрольные вопросы

- 3.1. В чем преимущество смешанного цикла по сравнению с другими циклами работы ДВС?
- 3.2. Как определить графически теплоту и работу цикла?
- 3.3. От чего зависит термический КПД цикла?
- 3.4. Можно ли построить тепловой двигатель, работающий в цикле без отвода теплоты (т.е. когда $q_2 = 0$).

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ контрольных работ

Отметка «зачтено» выставляется в случае успешного выполнения заданий контрольной работы, правильного оформления пояснительной записки, положительного ответа на вопросы по теме контрольной работы.

3.1.3 Средства для текущего контроля

Текущий контроль осуществляется на каждом занятии и направлен на выявление знаний и уровня сформированности элементов компетенций по конкретной теме. Результаты текущего контроля позволяют скорректировать дальнейшую работу, обратиться к слабо усвоенным вопросам, обратить внимание на пробелы в знаниях обучающихся.

ВОПРОСЫ для самостоятельного изучения

1. Законы термодинамики
 - Первый закон термодинамики
 - Второй закон термодинамики
 - Третий закон термодинамики
2. Термодинамические процессы с идеальным газом электроснабжения и запуска
 - Политропный процесс
 - Изоэнтропный процесс
 - Изотермный процесс
 - Изобарный процесс
 - Изохорный процесс
3. Теплоэнергетические установки
4. Тепловой режим сельскохозяйственных предприятий

Общий алгоритм самостоятельного изучения тем

1) Ознакомиться с рекомендованной учебной литературой и электронными ресурсами по теме (ориентируясь на вопросы для самоконтроля).
2) На этой основе составить развёрнутый план изложения темы.
3) Выбрать форму отчетности конспектов (план – конспект, текстуальный конспект, свободный конспект, конспект – схема).
2) Оформить отчётный материал в установленной форме в соответствии методическими рекоменда-

дациями.
3) Провести самоконтроль освоения темы по вопросам, выданным преподавателем.
4) Предоставить отчётный материал преподавателю по согласованию с ведущим преподавателем.
5) Подготовиться к предусмотренному контрольно-оценочному мероприятию по результатам самостоятельного изучения темы.
6) Принять участие в указанном мероприятии, пройти рубежное тестирование по разделу на аудиторном занятии и заключительное тестирование в установленное для внеаудиторной работы время.

Шкала и критерии оценивания самостоятельного изучения тем

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся оформил отчетный материал в виде доклада на основе самостоятельного изученного материала, смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы.

- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся неаккуратно оформил отчетный материал в виде доклада на основе самостоятельного изученного материала, не смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы.

ВОПРОСЫ

для самоподготовки по темам лабораторных занятий

1. Чему равен коэффициент $\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$ термического расширения для идеального газа?

2. Чему равен коэффициент $\beta_T = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T$ изотермической сжимаемости для идеального газа?

3. Чему равен коэффициент $\gamma = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v$ термической упругости для идеального газа?

4. В сосуде вместимостью $0,25 \text{ м}^3$ при температуре $T=320\text{K}$ содержится $26,824 \text{ кг}$ углекислого газа ($\mu_{\text{CO}_2} = 44 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $R_\mu = 8314 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль К}}$). Эксперимент дает, что давление газа в этих условиях равно $p=6 \text{ МПа}$. Какую ошибку в процентах даст вычисление этого давления в предположении, что газ CO_2 идеальный?

5. Найти разложение коэффициента сжимаемости $Z = \frac{pv}{RT}$ по степеням плотности

$Z = 1 + B\rho + C\rho^2 + D\rho^3 + \dots$ для газа, удовлетворяющего уравнению Ван-дер-Ваальса

$$p = \frac{RT}{v-a} - \frac{a}{v^2}.$$

6. Сухой воздух состоит из 23% кислорода и 77% азота ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $\mu_{\text{N}_2} = 28,15 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $R_\mu = 8314 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль К}}$). Найти состав воздуха по объему и его газовую постоянную $R_{\text{см}}$.

7. Имеется эмпирическая зависимость молярной теплоемкости (при постоянном давлении) кислорода от температуры $\mu_{c_p} = 31 + 3 \cdot 10^{-3} T - 4 \cdot 10^{-5} T^{-2} \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кмоль К}} \right]$, применяемая в температурном диапазоне $[398\text{K}, 3000\text{K}]$. Определить показатель адиабаты кислорода при температуре $T=1000\text{K}$.

8. Найти количество теплоты, необходимое для нагревания двух киломолей азота от 400K до 500K при постоянном давлении, используя зависимость $\mu_{c_p} \Big|_{298\text{K}}^T = 28,5 + 2 \cdot 10^{-3} T \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кмоль К}} \right]$, справедли-

вую до температуры $T=1000\text{K}$. Найти среднюю теплоемкость $c_p \Big|_{400\text{K}}^{500\text{K}}$.

9. Вычислить работу адиабатического расширения газа массы $m = 4 \text{ кг}$ до объема

$V_k = 10 \text{ м}^3$, если его давление упало до $p_k = 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$, а начальный удельный объем газа был

$v_0 = 1 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$. Теплоемкости данного газа равны: $c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

10. На сколько изменится удельная энтропия изобарного процесса в точке $T=600\text{К}$, если в начале этого процесса его температура была $T_0=500\text{К}$? Теплоемкости данного газа равны

$c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

11. На сколько изменится удельная энтропия изохорного процесса в точке $T=500\text{К}$, если в начале этого процесса его температура была $T_0=400\text{К}$? Теплоемкости данного газа равны

$c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

12. Термический КПД цикла равен 30%. Какое количество теплоты на 1 кг газа было израсходовано при его работе, если известно, что отвод теплоты в этом цикле осуществлялся при изохорном процессе с понижением температуры газа на 300 градусов. Теплоемкости данного газа равны

$c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

13. В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, заключен газ. На поршень помещена гиря весом 10 кг, удерживающая его в равновесии. Площадь поперечного сечения поршня равна $0,01 \text{ м}^2$. Каково абсолютное давление в цилиндре, если показание барометра равно 735,6 мм рт. ст.?

14. В герметически закрытом цилиндре поршень может двигаться без трения. По одну сторону поршня помещается 10^{-3} кг водорода, по другую – тоже количество углекислого газа

($\mu_{\text{CO}_2} = 44 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $\mu_{\text{H}_2} = 2 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$). Определить местоположение поршня, если высота всего цилиндра равна 23 единицам длины.

15. Определить объем баллона воздушного шара на аэродроме, при атмосферном давлении $p = 1 \text{ ат}$ и температуре 20°C , если на максимальной высоте при давлении $0,5 \text{ ат}$ и температуре 0°C объем баллона равен 6000 м^3 .

16. Во сколько раз больше воздуха по (массе) вмещает резервуар при -63°C , чем при 77°C , если давление остается неизменным?

17. Пар массой $0,5 \text{ кг}$ расширяется при постоянном давлении от объема $0,014 \text{ м}^3$ до объема $0,074 \text{ м}^3$, совершая при этом работу 120 кДж . Определить состояние пара до и после расширения.

В случае пропуска практического и лабораторного занятия обучающийся обязан выполнить план-задание и отчитаться перед руководителем занятия в согласованное с ним время.

Шкала и критерии оценивания

самоподготовки по темам лабораторных занятий

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся оформил отчетный и смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы.

- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся неаккуратно оформил отчетный материал и не смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы.

3.1.4 Средства для выходного контроля

ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ

для проведения выходного контроля

1. Параметры состояния термодинамической системы:

давление, температура, удельный объем

давление, удельная теплоемкость, температура,
давление, температура, удельная теплоемкость

2. Размерность массовой теплоемкости:

Дж/кг К

Дж/м³ К

Дж/кмоль К

3. Размерность объемной теплоемкости:

Дж/кг К

Дж/м³ К

Дж/кмоль К

4. Размерность молярной теплоемкости:

1) Дж/кг К

2) Дж/м³ К

3) Дж/кмоль К

5. Изобарный (изобарический) процесс:

1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме

2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении

3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре

6. Изохорный (изохорический) процесс:

1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме

2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении

3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре

7. Изотермный (изотермический) процесс:

1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме

2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении

3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре

8. Адиабатный (адиабатический) процесс:

1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме

2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении

3) процесс, происходящий в системе в отсутствие теплообмена тела с окружающей средой

9. Единицей измерения давления в (СИ) является:

1) Паскаль (Па)

2) Джоуль (Дж)

3) Ньютон (Н)

10. Единицей измерения температуры в (СИ) является:

1) Градус Цельсия (°C)

2) Кельвин (К)

3) Градус Фаренгейта (°F)

11. Единицей измерения удельного объема в (СИ) является:

- 1) **м³/кг**
- 2) л/кг
- 3) кг/м³

12. Единицей измерения изменения удельной внутренней энергии в (СИ) является:

- 1) **Дж/кг**
- 2) Дж/кг К
- 3) Дж/К

13. Что такое давление:

- 1) кинетическая энергия молекул, действующая на горизонтальную плоскость
- 2) сила, действующая на горизонтальную плоскость
- 3) полная внутренняя энергия, отнесенная к единице площади
- 4) **сила, действующая на единицу поверхности**

14. С помощью барометров измеряют:

- 1) **атмосферное давление**
- 2) избыточное давление
- 3) давление разрежения

15. С помощью манометров измеряют:

- 1) атмосферное давление
- 2) **избыточное давление**
- 3) давление разрежения

16. Численное значение универсальной газовой постоянной R равно:

- 1) 2344 Дж/(кмоль К)
- 2) 8553 Дж/(кмоль К)
- 3) **8314 Дж/(кмоль К)**
- 4) 8416 Дж/(кмоль К)

17. Теплоемкость- это:

- 1) количество тепла, поглощаемое телом за единицу времени
- 2) количество тепла, выделяемое телом за при охлаждении его от 100°С до 0°С
- 3) **количество тепла, необходимое для нагрева единицы количества вещества на 1°С**

18. В P-V координатах площадь под кривой процесса равна :

- 1) **работе процесса**
- 2) количеству подведенного тепла
- 3) количеству отведенного тепла

4) теплоте процесса

19. Перенос теплоты в пространстве перемещающейся жидкостью или газом, называется

- 1) конвекцией
- 2) диффузией
- 3) испарение

20. Процесс получения пара включает следующие стадии

1) нагрев жидкости до температуры кипения, превращение жидкости в пар при постоянной температуре, нагревание пара с повышением температуры

- 2) испарение жидкости, кипение жидкости, нагревание пара с повышением температуры
- 3) нагрев жидкости до температуры кипения, превращение жидкости в пар при постоянной температуре

Шкала и критерии оценивания

ответов на тестовые вопросы рубежного контроля

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов выше 60%.
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов ниже (или равно) 60%.

ЭКЗАМЕН

Целью промежуточной аттестации является установление уровня достижения целей и задач обучения по данной дисциплине, изложенным в п.2.2 рабочей программы по дисциплине.

Итоговый тест выполняется индивидуально, за персональным компьютером. Тестирование проводится в компьютерном классе. Итоговый тест включает 25 вопросов различных типов.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

для проведения промежуточного контроля

1. Термодинамической системы, их классификация. Примеры изолированных, закрытых (замкнутых), адиабатных и термомеханических систем.
2. Параметры состояния термодинамических систем. Интенсивные и экстенсивные макропараметры. Стационарные и нестационарные, равновесные и неравновесные состояния. Время релаксации. Основные термодинамические параметры, единицы их измерения.
3. Общее понятие об уравнении состояния. Дифференциальное уравнение состояния. Коэффициенты термического расширения, изотермической сжимаемости, термической упругости.
4. Критерий устойчивости равновесного состояния системы. Коэффициент сжимаемости. Уравнения состояния идеального газа (Клапейрона, Клапейрона-Менделеева).
5. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса, v - p -диаграмма, критическая точка. Характеристика реальной докритической изотермы. Пограничные кривые, разделяющие жидкую и газообразную фазы рабочего тела.
6. Вывод формул для вычисления констант R , a , b через параметры в критической точке и приведение уравнения Ван-дер-Ваальса к безразмерному виду.
7. Диаграммы и их использование. Принцип Ван-дер-Ваальса (закон соответственных состояний) для термодинамически подобных газов.
8. Смеси идеальных газов. Объемные, молярные и массовые доли.
9. Парциальное давление и объем, законы Дальтона и Амаго. Формулы вычисления параметров и газовых постоянных смеси по заданным параметрам компонент.
10. Теплоемкость идеальных газов и их смесей. Массовая, молярная и объемная теплоемкости. Изобарная и изохорная теплоемкости, уравнение Майера. Показатель адиабаты.
11. Вычисление средних теплоемкостей в заданном интервале температур.
12. Зависимость молярной теплоемкости от степеней свободы молекул и температуры.

13. Понятие термодинамического процесса. Квазистатические (равновесные) процессы. Обратимый и необратимый процессы.
14. Уравнения обмена энергией в форме работы и теплоты. Энтропия как обобщенная координата для абсолютной температуры. Изотермный и изоэнтропный (адиабатный) процессы классической равновесной термодинамики.
15. Основные термодинамические функции. Функции линии (процесса) и функции состояния. Количество теплоты, работа, внутренняя энергия, энтальпия и энтропия.
16. Первое начало термодинамики. Располагаемая (полезная внешняя или техническая) работа. Понятие вечного двигателя первого рода. Основные формулировки первого закона термодинамики.
17. Изменение удельных внутренней энергии, энтальпии и энтропии в идеальном газе. Вывод уравнения Майера.
18. Второе начало термодинамики в формулировке Больцмана. Понятие вечного двигателя второго рода. Другие формулировки первого закона термодинамики.
19. Аналитическая формулировка второго закона термодинамики. Изменение энтропии при взаимодействии с окружающей средой и протекании внутри нее необратимых процессов (релаксация).
20. Вывод формулы изменения энтропии в обратимом процессе.
21. Политропный процесс. Вывод уравнения политропы. Показатель политропы. Изоэнтропный, изотермический, изобарный и изохорический процессы.
22. Понятие о круговом процессе (цикле). Прямые и обратные циклы. Термический КПД и среднее давление цикла.
23. Холодильные установки и тепловые насосы. Термический КПД, холодильный и отопительный коэффициенты.
24. Цикл Карно, его v - и s -диаграммы. Термический КПД для цикла Карно.
25. Термодинамические процессы с водяным паром. Температура насыщения. Насыщенный и перегретый пар. Процессы парообразования при испарении и кипении. Скрытая теплота парообразования.
26. Производство водяного пара. Процесс парообразования на v -диаграмме. Основные этапы парообразования.
27. Процесс парообразования на s -диаграмме. Степень сухости пара. Вывод формулы для энтропии перегретого пара.
28. sh -диаграмма (диаграмма Молье) и ее применение при расчете процессов с водяным паром.
29. Основные процессы с водяным паром (изобарный, изотермный, изохорный, изоэнтропный).
30. Принципиальная схема паросиловой установки. Определение температуры смеси добавочной воды и конденсата паровой турбины.
31. Определение КПД котлоагрегата. Расчет площади поверхности экономайзера.
32. Анализ цикла ДВС со смешанным подводом теплоты. Определение его полезной работы и КПД.
33. Показатель адиабаты и методы его определения с помощью эксперимента.
34. Необратимые термодинамические процессы (расширение газа в вакуум, смешение газов).
35. Понятие эксергии. Представление эксергии рабочего тела графически на v - и s -диаграммах. Эксергический анализ адиабатных процессов.
36. Тепломассообмен. Перенос теплоты в неоднородном температурном поле. Теплопроводность, конвекция, теплообмен излучением. Смешанные виды теплообмена (конвективный теплообмен, теплоотдача, теплопередача, радиационно-кондуктивный теплообмен, радиационно-конвективный теплообмен).
37. Числовые характеристики процесса теплообмена. Температура в точке, изотермическая поверхность, температурное поле, перепад температур, средний градиент температуры, истинный градиент температур, количество теплоты, тепловой поток, вектор плотности теплового потока, его проекция на произвольное направление.
38. Явления переноса: теплопроводность, диффузия, вязкость. Тройная аналогия в явлениях переноса.
39. Перенос теплоты теплопроводностью. Закон Био-Фурье.
40. Теплопроводность газов жидкостей и металлов. Теплоизоляционные материалы.
41. Конвективный теплообмен. Неоднородное поле плотностей. Свободная (естественная) и вынужденная конвекции.
42. Молекулярный и молярный (конвективный) переносы теплоты. Закон Ньютона. Коэффициент конвективной теплоотдачи.
43. Процесс конвективной сушки. Принципиальная схема сушильного агрегата. Расчет параметров теплоносителя и материала сушки с использованием hd -диаграммы.

44. Теплообменные аппараты. Теплопередача в рекуперативных теплообменниках. Прямоточные и противоточные теплообменники и их КПД.
45. Тепловое излучение. Давление электромагнитного излучения. Гипотеза «фотонного газа».
46. Определение термического КПД цикла Карно, рабочим телом для которого является «фотонный газ». Зависимость плотности излучения от температуры.
47. Дифференциальные уравнения переноса теплоты.
48. Уравнения сохранения энергии. Дифференциальные уравнения теплопроводности и их частные случаи. Коэффициент температуропроводности. Уравнение Лапласа.
49. Массообмен. Бинарная диффузия. Уравнение Чепмена-Коллинга.
50. Закон Фика. Диффузия в движущейся среде. Термодиффузия и диффузионный перенос теплоты.

Задачи по теплотехнике

1. Чему равен коэффициент $\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$ термического расширения для идеального газа?
2. Чему равен коэффициент $\beta_T = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T$ изотермической сжимаемости для идеального газа?
3. Чему равен коэффициент $\gamma = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v$ термической упругости для идеального газа?
4. В сосуде вместимостью $0,25 \text{ м}^3$ при температуре $T=320\text{K}$ содержится $26,824 \text{ кг}$ углекислого газа ($\mu_{\text{CO}_2} = 44 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $R_\mu = 8314 \frac{\text{дж}}{\text{кмоль K}}$). Эксперимент дает, что давление газа в этих условиях равно $p=6 \text{ МПа}$. Какую ошибку в процентах даст вычисление этого давления в предположении, что газ CO_2 идеальный?
5. Найти разложение коэффициента сжимаемости $Z = \frac{pv}{RT}$ по степеням плотности $Z = 1 + B\rho + C\rho^2 + D\rho^3 + \dots$ для газа, удовлетворяющего уравнению Ван-дер-Ваальса $p = \frac{RT}{v-a} - \frac{a}{v^2}$.
6. Сухой воздух по массе состоит из 23% кислорода и 77% азота ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $\mu_{\text{N}_2} = 28,15 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $R_\mu = 8314 \frac{\text{дж}}{\text{кмоль K}}$). Найти состав воздуха по объему и его газовую постоянную $R_{\text{см}}$.
7. Имеется эмпирическая зависимость молярной теплоемкости (при постоянном давлении) кислорода от температуры $\mu c_p = 31 + 3 \cdot 10^{-3} T - 4 \cdot 10^{-5} T^{-2} \left[\frac{\text{кдж}}{\text{кмоль K}} \right]$, применяемая в температурном диапазоне $[398\text{K}, 3000\text{K}]$. Определить показатель адиабаты кислорода при температуре $T=1000\text{K}$.
8. Найти количество теплоты, необходимое для нагревания двух киломолей азота от 400K до 500K при постоянном давлении, используя зависимость $\mu c_p \Big|_{298\text{K}}^T = 28,5 + 2 \cdot 10^{-3} T \left[\frac{\text{кдж}}{\text{кмоль K}} \right]$, справедливую до температуры $T=1000\text{K}$.

9. Вычислить работу адиабатического расширения газа массы $m = 4 \text{ кг}$ до объема $V_k = 10 \text{ м}^3$, если его давление упало до $p_k = 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$, а начальный удельный объем газа был $v_0 = 1 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$.

Теплоемкости данного газа равны: $c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

10. На сколько изменится удельная энтропия изобарного процесса в точке $T = 600 \text{ К}$, если в начале этого процесса его температура была $T_0 = 500 \text{ К}$? Теплоемкости данного газа равны $c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

11. На сколько изменится удельная энтропия изохорного процесса в точке $T = 500 \text{ К}$, если в начале этого процесса его температура была $T_0 = 400 \text{ К}$? Теплоемкости данного газа равны $c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

12. Термический КПД цикла равен 30%. Какое количество теплоты на 1 кг газа было израсходовано при его работе, если известно, что отвод теплоты в этом цикле осуществлялся при изохорном процессе с понижением температуры газа на 300 градусов. Теплоемкости данного газа равны $c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$.

13. В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, заключен газ. На поршень помещена гиря весом 10 кг, удерживающая его в равновесии. Площадь поперечного сечения поршня равна $0,01 \text{ м}^2$. Каково абсолютное давление в цилиндре, если показание барометра равно 735,6 мм рт. ст.?

14. В герметически закрытом цилиндре поршень может двигаться без трения. По одну сторону поршня помещается 10^3 кг водорода, по другую – тоже количество углекислого газа ($\mu_{\text{CO}_2} = 44 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $\mu_{\text{H}_2} = 2 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$). Определить местоположение поршня, если длина всего цилиндра равна 23 единицам длины.

15. Определить объем баллона воздушного шара на аэродроме, при атмосферном давлении $p = 1 \text{ ат}$ и температуре 20°С , если на максимальной высоте при давлении $0,5 \text{ ат}$ и температуре 0°С объем баллона равен 6000 м^3 .

16. Во сколько раз больше воздуха по (массе) вмещает резервуар при -63°С , чем при 77°С , если давление остается неизменным?

17. Пар массой 0,5 кг расширяется при постоянном давлении от объема $0,014 \text{ м}^3$ до объема $0,074 \text{ м}^3$, совершая при этом работу 120 кДж. Определить состояние пара до и после расширения.

18. Газ охлаждается от 1000 до 100 градусов Цельсия в процессе с постоянным давлением. Какое количество теплоты при этом процессе теряет 10 кг газа, для которого теплоемкости равны $c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$?

19. Газ охлаждается от 1000 до 100 градусов Цельсия в процессе с постоянным объемом. Какое количество теплоты при этом процессе теряет 10 кг газа, для которого теплоемкости равны $c_p = 1,01$; $c_v = 0,72 \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг К}} \right]$?

20. Определить КПД двигателя мощностью 50 л.с. ($1 \text{ вт} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ л.с.}$), если расход бензина на 1 км пути составляет 320 г при скорости 40 км/час. Теплота сгорания бензина 40500 кДж/кг .

21. В закрытом помещении объемом 200 м^3 находится воздух при давлении $735,6 \text{ мм рт. ст.}$ и температуре 5°C . Какое количество теплоты необходимо для того, чтобы нагреть воздух в помещении до 35°C ?
22. К рабочему телу массой 90 кг подводится теплота в количестве 90 кДж/кг . Расширяясь, рабочее тело производит работу 48 кДж/кг . Определить изменение внутренней энергии рабочего тела.
23. В холодильной расширительной машине (детандере) в течение часа расширяется 250 кг воздуха, температура которого понижается от 20°C до -100°C . Определить изменение внутренней энергии в течение часа, если считать процесс расширения адиабатным.
24. При постоянной температуре -250°C происходит расширение 50 кг идеального газа в вакуум с изменением эксергии на 100 кДж/кг . На какую величину изменится при этом энтропия?
25. В изолированном помещении температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Во сколько раз больше потребуется теплоты для нагревания воздуха того же помещения до температуры 20°C при начальной температуре $t_0' = -20^\circ\text{C}$.

ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
Кафедра агрономии и агроинженерии

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1 по дисциплине Б1.О.15 Теплотехника

1. Термодинамической системы, их классификация. Примеры изолированных, закрытых (замкнутых), адиабатных и термомеханических систем.
2. Производство водяного пара. Процесс парообразования на p - v -диаграмме. Основные этапы парообразования.
3. Сухой воздух по массе состоит из 23% кислорода и 77% азота ($\mu_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $\mu_{\text{N}_2} = 28,15 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$, $R_\mu = 8314 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль К}}$). Найти состав воздуха по объему и его газовую постоянную $R_{\text{см}}$.

ПЛАНОВАЯ ПРОЦЕДУРА проведения экзамена

прописать процедуру проведения экзамена

Шкала и критерии оценивания ответов на вопросы промежуточного контроля

Результаты экзамена определяют оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляют в день экзамена.

Оценку «отлично» выставляют обучающемуся, глубоко и прочно освоившему теоретический и практический материал дисциплины. Ответ должен быть логичным, грамотным. Обучающемуся необходимо показать знание не только основного, но и дополнительного материала, быстро ориентироваться, отвечая на дополнительные вопросы. Обучающийся должен свободно справляться с поставленными задачами, правильно обосновывать принятые решения.

Оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, твердо знающий программный материал дисцип-

лины, грамотно и по существу излагающий его. Не следует допускать существенных неточностей при ответах на вопросы, необходимо правильно применять теоретические положения при решении практических задач, владеть определенными навыками и приемами их выполнения.

Оценку «удовлетворительно» получает обучающийся, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, испытывает затруднения при решении практических задач. В ответах на поставленные вопросы обучающимся допущены неточности, даны недостаточно правильные формулировки, нарушена последовательность в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» говорит о том, что обучающийся не знает значительной части материала по дисциплине, допускает существенные ошибки в ответах, не может решить практические задачи или решает их с затруднениями.

Выставление оценки осуществляется с учетом описания показателей, критериев и шкал оценивания компетенций по дисциплине, представленных в таблице 1.2

Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины:	
1) действующее «Положение о текущем контроле успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура) и среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Омский ГАУ»	
Основные характеристики промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины для экзамена	
Цель промежуточной аттестации -	установление уровня достижения каждым обучающимся целей обучения по данной дисциплине, изложенных в п.1.1 настоящего документа
Форма промежуточной аттестации -	экзамен
Место экзамена в графике учебного процесса:	1) подготовка к экзамену и сдача экзамена осуществляется за счёт учебного времени (трудоёмкости), отведённого на экзаменационную сессию для обучающихся, сроки которой устанавливаются приказом по университету
	2) дата, время и место проведения экзамена определяется графиком сдачи экзаменов, утверждаемым деканом выпускающего факультета
Форма экзамена -	<i>устный</i>
Время проведения экзамена	Дата, время и место проведения экзамена определяется графиком сдачи экзаменов, утверждаемым деканом факультета
Экзаменационная программа по учебной дисциплине:	1) представлена в фонде оценочных средств по дисциплине 2) охватывает разделы №№ _____ (в соответствии с п. 2.2 настоящего документа)
Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков:	представлены в фонде оценочных средств по дисциплине

ЧАСТЬ 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА сформированности компетенции

4.1. ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий

Оценочные средства		
Задания на уровне «Знать и понимать»	Задания на уровне «Уметь делать (действовать)»	Задания на уровне «Владеть навыками (иметь навыки)»
1. Параметры состояния термодинамической системы: давление, температура, удельный объем давление, удельная теплоемкость, температура, давление, температура, удельная теплоемкость	1. Изотермный (изотермический) процесс: 1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме 2) процесс, происхо-	1. Единицей измерения давления в (СИ) является: 1) Паскаль (Па) 2) Джоуль (Дж)

<p>2. Размерность массовой теплоемкости: Дж/кг К Дж/м³ К Дж/кмоль К</p> <p>3. Размерность объемной теплоемкости: Дж/кг К Дж/м³ К Дж/кмоль К</p> <p>4. Размерность молярной теплоемкости: 1) Дж/кг К 2) Дж/м³ К 3) Дж/кмоль К</p> <p>5. Изобарный (изобарический) процесс: 1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме 2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении 3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре</p> <p>6. Изохорный (изохорический) процесс: 1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме 2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении 3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре</p>	<p>дующий в системе при постоянном давлении</p> <p>3) процесс, происходящий в системе при постоянной температуре</p> <p>2. Адиабатный (адиабатический) процесс: 1) процесс, происходящий в системе при постоянном объеме 2) процесс, происходящий в системе при постоянном давлении 3) процесс, происходящий в системе в отсутствие теплообмена тела с окружающей средой</p>	<p>3) Ньютон (Н)</p> <p>2. Единицей измерения температуры в (СИ) является: 1) Градус Цельсия (°C) 2) Кельвин (К) 3) Градус Фаренгейта (°F)</p>
---	---	--

4.2. ОПК-5 Готов к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности

Оценочные средства		
Задания на уровне «Знать и понимать»	Задания на уровне «Уметь делать (действовать)»	Задания на уровне «Владеть навыками (иметь навыки)»
<p>1. Единицей измерения удельного объема в (СИ) является: 1) м³/кг 2) л/кг 3) кг/м³</p> <p>2. Единицей измерения изменения удельной внутренней энергии в (СИ) является:</p>	<p>1. Теплоемкость- это: 1) количество тепла, поглощаемое телом за единицу времени 2) количество тепла, выделяемое телом за при охлаждении его от 100°C до 0°C</p>	<p>1. Перенос теплоты в пространстве перемещающейся жидкостью или газом, называется 1) конвекцией 2) диффузией 3) испарение</p>

<p>1) Дж/кг 2) Дж/кг К 3) Дж/К</p> <p>3. Что такое давление:</p> <p>1) кинетическая энергия молекул, действующая на горизонтальную плоскость 2) сила, действующая на горизонтальную плоскость 3) полная внутренняя энергия, отнесенная к единице площади 4) сила, действующая на единицу поверхности</p> <p>4. С помощью барометров измеряют:</p> <p>1) атмосферное давление 2) избыточное давление 3) давление разрежения</p> <p>5. С помощью манометров измеряют:</p> <p>1) атмосферное давление 2) избыточное давление 3) давление разрежения</p> <p>6. Численное значение универсальной газовой постоянной R равно:</p> <p>1) 2344 Дж/(кмоль К) 2) 8553 Дж/(кмоль К) 3) 8314 Дж/(кмоль К) 4) 8416 Дж/(кмоль К)</p>	<p>3) количество тепла, необходимое для нагрева единицы количества вещества на 1°С</p> <p>2. В P-V координатах площадь под кривой процесса равна :</p> <p>1) работе процесса 2) количеству подведенного тепла 3) количеству отведенного тепла 4) теплоте процесса</p>	<p>2. Процесс получения пара включает следующие стадии</p> <p>1) нагрев жидкости до температуры кипения, превращение жидкости в пар при постоянной температуре, нагревание пара с повышением температуры 2) испарение жидкости, кипение жидкости, нагревание пара с повышением температуры 3) нагрев жидкости до температуры кипения, превращение жидкости в пар при постоянной температуре</p>
--	---	---

**8. ЛИСТ РАССМОТРЕНИЙ И ОДОБРЕНИИ
фонда оценочных средств учебной дисциплины Б1.О.15 Теплотехника
в составе ОПОП 35.03.06 Агроинженерия**

1. Рассмотрен и одобрен в качестве базового варианта:

а) На заседании обеспечивающей преподавание кафедры агрономии и агроинженерии;
протокол № 10 от 28.05.2019.

Зав. кафедрой, канд. с.-х. наук, доцент Веремей Т.М.

б) На заседании методического совета Тарского филиала;
протокол № 10 от 11.06.2019.

Председатель методического совета, канд. экон. наук, доцент. Юдина Е.В.

2. Рассмотрен и одобрен внешним экспертом:

Директор ООО «ОПХ им. Фрунзе» Тарского района Омской области



В.А. Гекман

**ИЗМЕНЕНИЯ И ДОПОЛНЕНИЯ
к фонду оценочных средств учебной дисциплины
Б1.О.15 Теплотехника
в составе ОПОП 35.03.06 Агроинженерия**

Ведомость изменений

Срок, с которого вводится изменение	Номер и основное содержание изменения и/или дополнения	Отметка об утверждении/ согласовании изменений	
		инициатор изменения	руководитель ОПОП/ председатель МК/ПЦМК