

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Нововоронежский политехнический колледж -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(НВПК НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора НВПК НИЯУ МИФИ  
\_\_\_\_\_ Г.В. Калинин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

текущего и промежуточного контроля успеваемости

по учебной дисциплине

**ОП.11 Теплотехника**

для специальности

14.02.01 Атомные электрические станции и установки

Нововоронеж 2021 г.

Фонд оценочных средств дисциплины ОП.11 Теплотехника разработан на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее ФГОС СПО) по специальности 14.02.01 Атомные электрические станции и установки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №542 от 15 мая 2014 года и рабочей программы по данной дисциплине.

Организация-разработчик: Нововоронежский политехнический колледж - филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Разработчик: Тарасова Н.М., преподаватель высшей квалификационной категории

Одобрено на заседании цикловой методической комиссии теплоэнергетических дисциплин

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Председатель ЦМК \_\_\_\_\_ /Н.М. Тарасова/



## СОДЕРЖАНИЕ

1	Паспорт фонда оценочных средств	4
2	Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке	6
3	Оценка освоения учебной дисциплины	7
4	Контрольно-оценочные материалы для итоговой аттестации по учебной дисциплине	26

## **1 ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

В результате освоения дисциплины ОП.11 Теплотехника обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по специальности СПО 14.02.01 Атомные электрические станции и установки следующими умениями, знаниями, которые формируют профессиональную компетенцию, и общими компетенциями:

У1- решать задачи;

У2 - анализировать производственные ситуации;

У3 - рассчитывать варианты альтернативного технического решения

З1 - основные положения технической термодинамики;

З2 - газовые законы;

З3 - первый закон термодинамики и процессы идеального газа;

З4 - второй закон термодинамики;

З5 - термодинамические процессы реального газа;

З6 - циклы паротурбинных установок;

З7 - основы теплопередачи;

З8 - основы теории подобия и моделирования;

З9 - процессы теплоотдачи и тепловое излучение;

З10 - теплообменные аппараты.

ПК 1.1. Проводить профилактический осмотр установок и устройств, узлов и деталей, средств измерений и автоматизации

ПК 1.2. Выявлять и определять причины неисправностей оборудования и технических систем

ПК 1.3. Обеспечивать проведение монтажа установок и устройств, средств измерений и автоматизации

ПК 1.4. Подготавливать оборудование и трубопроводы к дезактивации и ремонту

ПК 1.5. Участвовать в разработке конструкторской документации для изготовления типовых сборок и узлов, технологических процессов ремонта и монтажа оборудования и систем атомных станций

ПК 2.1. Контролировать работу оборудования и технических систем по показаниям средств измерений и сигнализации

- ПК 2.2. Выявлять и определять причины отклонений от технологических режимов
- ПК 2.3. Принимать меры при отклонениях от технологических режимов при эксплуатации теплоэнергетического оборудования и технических систем.
- ПК 2.4. Проводить профилактику и ликвидацию аварийных ситуаций по плану ликвидации аварий.
- ПК 2.5. Вести учет работы оборудования, причин и продолжительности простоя.
- ПК 4.2. Определять протечки в парогенераторах.
- ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2. Организовывать свою собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
- ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения задания.
- ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Формой аттестации по дисциплине является экзамен.

## 2 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ПРОВЕРКЕ

В результате аттестации по дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, а также динамика формирования общих компетенций:

Таблица 2.1. Показатели оценки результата

<b>Результаты обучения: умения, знания и общие компетенции</b>	<b>Показатели оценки результата</b>	<b>Форма контроля и оценивания</b>
Уметь:	Анализировать и решать задачи в соответствии с производственной ситуацией. Находить и рассчитывать варианты альтернативного технического решения	Рубежный контроль Оценка за выполнение практической и лабораторной работы. Оценка знаний по устным зачетам
У1- решать задачи		
У2 - анализировать производственные ситуации		
У3 - рассчитывать варианты альтернативного технического решения	Формулировать основные положения технической термодинамики, газовые законы. Описывать термодинамические процессы реального газа, циклы паротурбинных установок. Понимать процессы теплоотдачи и теплового излучения. Устанавливать различия между теплообменными аппаратами	Текущий контроль Оценка за выполнение самостоятельной работы. Оценка знаний по индивидуальным заданиям, тестам  Промежуточная аттестация Оценка за выполнение курсовой работы. Оценка за экзамен
Знать:		
З1 - основные положения технической термодинамики		
З2 - газовые законы		
З3 - первый закон термодинамики и процессы идеального газа		
З4 - второй закон термодинамики		
З5 - термодинамические процессы реального газа		
З6 - циклы паротурбинных установок		
З7 - основы теплопередачи		
З8 - основы теории подобия и моделирования		
З9 - процессы теплоотдачи и тепловое излучение		
З10 - теплообменные аппараты		

### **3 ОЦЕНКА ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1 Формы и методы оценивания**

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС по дисциплине ОП.11 Теплотехника специальности СПО 14.02.01 Атомные электрические станции и установки. Итоговой аттестацией по учебной дисциплине является экзамен.



Таблица 3.1. Контроль и оценка освоения дисциплины по темам (разделам)

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З
<b>Раздел 1</b>			Практическое занятие № 1,2,3,4,5,6,7 Оценка знаний по устным зачетам	У1, У2, У3 31, 32, 33, 34, 35, 36 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Экзамен	У1, У2, У3 31, 32, 33, 34, 35, 36 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9
Тема 1.1	Оценка за выполнение самостоятельной работы (решение задач)	У1, У3 31, 32 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие №1			
Тема 1.2	Оценка за выполнение самостоятельной работы (решение задач)	У1, У3 31, 32 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие №2,3			
Тема 1.3	Оценка за выполнение самостоятельной работы (решение задач)	У1, У3 33, 34 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие №4			
Тема 1.4	Оценка за выполнение самостоятельной работы (решение задач) Выполнение тестовых заданий	У1, У3 35, 36 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие №5			
Тема 1.5	Оценка за выполнение самостоятельной работы (решение задач)	У1, У3 35, 36 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие №6			
Тема 1.6	Оценка знаний по	У1, У3	Оценка знаний по			

	индивидуальным заданиям	35, 36 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	устным зачетам			
Тема 1.7	Оценка за выполнение самостоятельной работы (решение задач)	У1,У2,У3 35, 36 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие №7			
Тема 1.8	Оценка знаний по индивидуальным заданиям	У1,У2,У3 35, 36 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.8 ОК.9	Оценка знаний по устным зачетам			
<b>Раздел 2</b>			Практическое занятие № 8,9 Лабораторные занятия № 1,2,3,4,5,6 Оценка знаний по устным зачетам	У1, У2, У3 37, 38, 39, 310 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9	Оценка за выполнение курсовой работы. Оценка за экзамен	У1, У2, У3 37, 38, 39, 310 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9
Тема 2.1	Оценка знаний по индивидуальным заданиям	У1, У3 37, 38, 39 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие № 8			
Тема 2.2	Оценка знаний по индивидуальным заданиям	У1, У3 37, 38, 39 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9	Практическое занятие № 9			
Тема 2.3	Оценка знаний по индивидуальным заданиям	У1, У3 37, 38, 39 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9	Оценка знаний по устным зачетам			
Тема 2.4	Оценка знаний по индивидуальным	У1, У3 37, 38, 39	Оценка знаний по устным зачетам			

	заданиям	ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9				
Тема 2.5	Оценка знаний по индивидуальным заданиям	У1, У3 37, 38, 39 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9	Оценка знаний по устным зачетам			
Тема 2.6	Оценка знаний по индивидуальным заданиям	У1, У2, У3 37, 38, 39, 310 ОК.1, ОК.2 ОК.3 ОК.4 ОК.5 ОК.6 ОК.7 ОК.8 ОК.9	Оценка знаний по устным зачетам	Оценка за выполнение курсовой работы		

### 3.2 Типовые задания для оценки освоения учебной дисциплины

#### 3.2.1 Типовые задания для оценки умений У1, У2, знаний З1, З2, З3, З4, З5, З6 (текущий контроль)

##### 1) Задания в тестовой форме (пример)

##### 1. Назовите термические параметры состояния

1. масса, плотность, удельный вес
2. давление, удельный объем, температура
3. работа, теплоемкость, теплота
4. молекулярная масса, объем, газовая постоянная

Правильный ответ: 2

##### 2. Уравнение состояния идеального газа

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

2.  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$

3.  $PV = mRT$

4.  $L = R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$

Правильный ответ: 3

##### 2) Индивидуальные задания (пример)

##### 1. Установите соответствие между процессом и показателем политропы

Процесс	Показатель политропы
1. Изохорный	А. $n = \kappa$
2. Изобарный	Б. $n = 1$
3. Изотермный	В. $n = 0$
	Г. $n = \pm \infty$

##### 2. Соответствие между видом теплообмена и законом

Вид теплообмена	Закон
1. Теплопроводность	А. Закон Стефана-Больцмана
2. Теплоотдача	Б. Закон Фурье
3. Излучательная способность абсолютно черного тела	В. Закон Кирхгофа
	Г. Закон Ньютона - Рихмана

##### 3) Устный зачет по теме (пример)

1. Дать понятие идеальный газ, реальный газ.
2. Параметры состояния газа.
3. Виды давлений.
4. Абсолютное давление. Абсолютное давление в сосуде, если оно превышает атмосферное.
5. Абсолютное давление. Абсолютное давление в сосуде, если оно ниже атмосферного.
6. Ввести основные понятия – газовых законов.
7. Закон Бойля-Мариотта.
8. Закон Гей-Люссака.
9. Закон Шарля.
10. Закон Авогадро.
11. Следствия закона Авогадро.
12. Уравнение состояния идеального газа.
13. Универсальная газовая постоянная. Газовая постоянная.
14. Газовые смеси.
15. Способы задания смесей.
16. Плотность газовой смеси.
17. Кажущаяся молекулярная масса смеси.
18. Парциальное давление смеси.
19. Газовая постоянная смеси.
20. Первый закон термодинамики.
21. Термодинамический процесс.
22. Внутренняя энергия.
23. Работа процесса.
24. Теплота процесса.

#### **4) Выполнение самостоятельной работы (решение задач) (пример)**

1. Задача.

Найти абсолютное давление пара в котле, если манометр показывает  $P = 0,13$  МПа. Атмосферное давление по показаниям ртутного барометра составляет  $B = 680$  мм рт. ст. ( $90660$  Па) при  $t = 25$  °С.

2. Задача.

Газовая смесь общей массой  $m=17$  кг, состоящая из кислорода  $m_1=10$  кг,  $\mu_1=32$  кг/(кмоль); и азота  $m_2=7$  кг,  $\mu_2=28$  кг/(кмоль).

Определить:

- массовые доли
- кажущуюся молярную массу
- газовую постоянную смеси
- удельный объем газовой смеси при давлении  $P=10^5$  Па и температуре  $T=273$  К

3. Задача.

Дана газовая смесь следующего состава:

- $r_{CO_2}=0,1$
- $r_{N_2}=0,8$
- $r_{H_2O}=0,1$

Определить среднюю объемную теплоемкость заданной смеси при изобарном нагревании ее от  $t_1=200$ °С до  $t_2=1200$ °С.

Зависимость теплоемкости от температуры нелинейная.

**3.2.2 Типовые задания для оценки умений У1, У3, знаний З1, З2 (рубежный контроль)**

**1) Практическая работа №1 (пример)**

Тема: «Основные параметры состояния рабочего тела»

**1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1.1. Закрепление теоретических знаний по теме «Параметры состояния рабочего тела»;

1.2. Закрепление практических навыков по расчету основных параметров состояния рабочего тела;

1.3. Получение и закрепление практических навыков работы со справочными материалами.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Техническая термодинамика изучает процессы взаимного преобразования теплоты и работы в тепловых двигателях и установках при помощи вещества (газа, пара), называемого рабочим телом. Физическое состояние рабочего тела характеризуется величинами, которые называются термодинамическими параметрами.

Термодинамической системой называют тело или совокупность тел, свойства которых являются объектом исследования. Все тела, находящиеся вне границ рассматриваемого тела, или их совокупности называют окружающей средой.

Система, которая не может обмениваться энергией с окружающей средой, называется энергетически изолированной. Если же система не может обмениваться только теплотой, она называется адиабатно изолированной.

Под влиянием различного рода энергетических воздействий окружающей среды в термодинамической системе происходит изменение термодинамического состояния тел, например, температуры, давления и др., т.е. происходит термодинамический процесс.

В качестве основных термодинамических параметров принимают удельный объем, абсолютное давление и абсолютную температуру.

### **2.1 Удельный объем**

Удельный объем ( $v$ ) тела представляет собой объем единицы массы,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

$$v = \frac{V}{m}, \quad (1)$$

где  $V$  - объем, занимаемый телом,  $\text{м}^3$ ;

$m$  – масса тела,  $\text{кг}$ .

Плотность ( $\rho$ ) - величина, обратная удельному объему, представляет собой массу единицы объема,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$\rho = \frac{1}{v} \frac{m}{V} \quad (2)$$

### **2.2 Давление и разрежение**

Давление газа обуславливается совокупностью ударов беспорядочно движущихся молекул о стенки сосуда, в котором заключен газ, и представляет собой нормальную составляющую силы  $F$ , действующей на единицу площади поверхности  $S$  стенки:

$$P = \frac{F}{S} \quad (3)$$

В Международной системе единиц (СИ) давление ( $P$ ) измеряют в паскалях (Па). Паскаль равен давлению, вызываемому силой 1 ньютон (Н), равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью  $1 \text{ м}^2$ .

$$1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

Эта единица очень мала. Для практических целей удобнее использовать более крупные величины:

$$1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}; 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}; 1 \text{ ГПа} = 10^9 \text{ Па}; 1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}.$$

На практике часто используют внесистемные единицы:

$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 735,6 \text{ мм рт. ст.} = 10\,000 \text{ мм вод. ст.} = 98,0665 \text{ кПа};$$

$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 10\,332 \text{ мм вод. ст.} = 101,325 \text{ кПа};$$

$$1 \text{ мм вод. ст.} = 1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Па};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}$$

Для измерения давления используют следующие средства измерений: атмосферного – барометры, выше атмосферного – манометры, ниже атмосферного – вакуумметры.

Давление, превышающее атмосферное, называют избыточным  $P_{\text{изб}}$ . Действительное давление рабочего тела в сосуде называется абсолютным  $P_{\text{абс}}$ .

Абсолютное давление подсчитывают по формулам:

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{изб}} + P_{\text{атм}}, \quad (3)$$

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}}, \quad (4),$$





где  $P_{\text{атм}}$  — атмосферное или барометрическое давление, измеряемое барометром;

$P_{\text{изб}}$  — избыточное давление, измеряемое манометром;

$P_{\text{вак}}$  — вакуумметрическое давление (разряжение), измеряемое вакуумметром.

При измерении давления высотой ртутного столба следует иметь в виду, что показание прибора зависит от температуры. Это учитывается приведением высоты столба ртути к  $0^{\circ}\text{C}$  по следующему соотношению:

$$P_0 = P_t (1 - 0,000172 t), \quad (5),$$

где  $P_0$  - показание прибора, приведенное к  $0^{\circ}\text{C}$ , мм рт. ст.;

$P_t$  - действительная высота ртутного столба при температуре воздуха  $t^{\circ}\text{C}$ , мм рт. ст.;

0,000172 - коэффициент объемного расширения ртути.

### 2.3 Температура

Температура характеризует степень нагретости тела и является количественной мерой интенсивности теплового движения молекул. Ее измеряют либо по термодинамической температурной шкале, либо по международной практической температурной шкале. В качестве точки отсчета взята тройная точка воды (температура, при которой все три фазы воды - твердая, жидкая и газообразная -

находятся в равновесии), которой присвоены значения 273,16 К и  $0,01^{\circ}\text{C}$ . Нижним пределом шкалы является абсолютный нуль (температура, при которой прекращается тепловое движение молекул).

Температуру по международной практической температурной шкале, отсчитываемую от  $0^{\circ}\text{C}$ , обозначают через  $t$  (единица измерения – градус Цельсия), а температуру по абсолютной шкале, отсчитываемую от температуры абсолютного нуля, обозначают через  $T$  и называют абсолютной температурой (единица измерения - Кельвин).

Зависимость между абсолютной температурой и температурой по шкале Цельсия следующая:

$$T = t + 273,16 \quad (6)$$

Для измерения температуры применяют также шкалу Фаренгейта ( $^{\circ}\text{F}$ ), Реомюра ( $^{\circ}\text{R}$ ), Ренкина ( $^{\circ}\text{Ra}$ ).

Соотношения между ними:

$$t \text{ } ^{\circ}\text{F} = 1,8 t \text{ } ^{\circ}\text{C} + 32; \quad t \text{ } ^{\circ}\text{R} = 0,8 t \text{ } ^{\circ}\text{C}; \quad t \text{ } ^{\circ}\text{Ra} = 1,8 t \text{ } ^{\circ}\text{C} + 273,16 \quad (7)$$

Под нормальными физическими условиями понимается состояние рабочего вещества при давлении  $P_{\text{абс}} = 760$  мм рт. ст. и температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Если объем газа приведен к нормальным условиям, то его принято обозначать  $V_n$ .

### **3 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

#### **Задача 3.1**

Давление воздуха по ртутному барометру равно 770 мм при  $0^{\circ}\text{C}$ . Выразить это давление в барах и паскалях.

Решение:

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}; \quad 770 \text{ мм рт. ст.} = 102700 \text{ Па} = 1,027 \text{ бар.}$$

Ответ: 133,3 Па; 1,027 бар.

#### **Задача 3.2**

Определить абсолютное давление пара в котле, если манометр показывает  $P=1,3$  бар, а атмосферное давление по ртутному барометру составляет 680 мм при  $t = 25^{\circ}\text{C}$ .

Решение:

Показание барометра получено при температуре  $t = 25^{\circ}\text{C}$ . Это показание необходимо привести к  $0^{\circ}\text{C}$  по уравнению (5):

$$P_o = P_t (1 - 0,000172 t) = 680 \cdot 0,9957 = 677,1 \text{ мм рт. ст.}$$

Абсолютное давление пара в котле по формуле (3)

$$P_{\text{абс}} = 130000 + 677,1 \cdot 133,3 = 0,22 \text{ МПа.}$$

Ответ:  $P_{\text{абс}} = 0,22$  МПа.

#### **Задача 3.3**

Давление в паровом котле  $P = 0,4$  бар при барометрическом давлении 725 мм рт. ст. Чему будет равно избыточное давление в котле, если показание барометра

повысится до 785 мм рт. ст., а состояние пара в котле останется прежним?  
Барометрическое давление приведено к 0 °С.

Решение:

Абсолютное давление в котле:

$$P_{\text{абс}} = 400000 + 725 \cdot 133,3 = 136642 \text{ Па.}$$

Избыточное давление при показании барометра 785 мм рт. ст.

$$P_{\text{изб}} = 136642 - 785 \cdot 133,3 = 32000 \text{ Па} = 32 \text{ кПа}$$

Ответ:  $P_{\text{изб}} = 32 \text{ кПа}$ .

### Задача 3.4

Ртутный вакуумметр, присоединенный к сосуду, показывает разрежение 420 мм при температуре ртути в вакуумметре  $t = 20$  °С. Давление атмосферы по ртутному барометру 768 мм при температуре  $t = 18$  °С. Определить абсолютное давление в сосуде.

Решение:

Приводим показания вакуумметра и барометра к температуре ртути 0 °С по уравнению (5):

$$P_{\text{вак}} = 420 (1 - 0,000172 \cdot 20) = 418,5 \text{ мм рт. ст.}$$

$$P_{\text{атм}} = 768 (1 - 0,000172 \cdot 18) = 765,6 \text{ мм рт. ст.}$$

Абсолютное давление в сосуде по формуле (4)

$$P_{\text{абс}} = 765,6 - 418,5 = 347,1 \text{ мм рт. ст.} = 46,3 \text{ кПа.}$$

Ответ:  $P_{\text{абс}} = 46,3 \text{ кПа}$ .

### Задача 3.5

Водяной пар перегрет на 45°С. Чему соответствует этот перегрев по термометру Фаренгейта?

Решение:

При переводе разности температур, выраженной градусами шкалы Цельсия, в градусы Фаренгейта и наоборот надо исходить только из цены деления того и другого термометров. Поэтому формула (7) принимает следующий вид:

$$\Delta t \text{ } ^\circ\text{F} = 8,1 \cdot \Delta t \text{ } ^\circ\text{C} + 32.$$

Следовательно, для нашего случая

$$\Delta t \text{ } ^\circ\text{F} = 8,1 \cdot 45 + 32 = 113^\circ\text{F}$$

Ответ:  $\Delta t \text{ } ^\circ\text{F} = 113 \text{ } ^\circ\text{F}$

### Задача 3.6

Определите абсолютное давление в конденсаторе, если вакуумметр, установленный на нем, показывает разрежение  $P_{\text{разр}}=660$  мм рт. ст. Показание барометра  $P_{\text{атм}}=744$  мм рт. ст.

Решение.

Абсолютное давление находим по формуле (4):

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{вак.}}$$

Таким образом,  $P_{\text{абс}} = \frac{744 - 660}{7,5024 \cdot 10^{-3}} = 11196 \text{ (Па)} \approx 12 \text{ кПа.}$

Ответ:  $P_{\text{абс}} \approx 12 \text{ кПа.}$

### Задача 3.7

Определите массу воздуха в баллоне  $V=10$ л, если его плотность составляет  $\rho=2,56$  кг/м<sup>3</sup>.

Решение.

Массу воздуха находим по формуле (2):

$$M = V \cdot \rho = 0,010 \cdot 2,56 = 0,0256 \text{ кг.}$$

Ответ:  $M = 0,0256 \text{ кг.}$

### Задача 3.8

Определите изменение удельного объема кислорода, содержащегося в баллоне объемом  $V=50$ л, после израсходования  $\Delta m = 10$  кг, если первоначальная масса газа  $m_1=40$  кг.

Решение.

Конечная масса кислорода

$$m_2 = m_1 - \Delta m = 40 - 10 = 30 \text{ кг.}$$

Начальный удельный объем кислорода:

$$v_1 = \frac{V}{m_1} = \frac{0,05}{40} = 0,00125 \text{ (м}^3\text{/кг)}$$

Конечный удельный объем кислорода:

$$v_2 = \frac{V}{m_2} = i = \frac{0.05}{30} = 0,001667 \text{ (м}^3\text{/кг)}$$

Изменение удельного объема:

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 0,001667 - 0,00125 = 0,000417 \text{ (м}^3\text{/кг)}$$

Ответ:  $\Delta v = 0,000417 \text{ м}^3\text{/кг}$ .

## 4 ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

### Задача 4.1

Масса 1 м<sup>3</sup> метана при определенных условиях составляет 0,7 кг. Определить плотность и удельный объем метана при этих условиях.

Ответ:  $\rho = 0,7 \text{ кг/м}^3$ ;  $v = 1,429 \text{ м}^3\text{/кг}$ .

### Задача 4.2

Плотность воздуха при определенных условиях равна 1,293 кг/м<sup>3</sup>. Определить удельный объем воздуха при этих условиях.

Ответ:  $v = 0,773 \text{ м}^3\text{/кг}$ .

### Задача 4.3

В сосуде объемом 0,9 м<sup>3</sup> находится 1,5 кг окиси углерода. Определить удельный объем и плотность окиси углерода при указанных условиях.

Ответ:  $v = 0,6 \text{ м}^3\text{/кг}$ ;  $\rho = 1,67 \text{ кг/м}^3$ .

### Задача 4.5

Давление воздуха, измеренное ртутным барометром, равно 765 мм при температуре ртути 20°C. Выразить давление в барах.

Ответ:  $P = 1,02 \text{ бар}$ .

### Задача 4.6

Определить абсолютное давление газа в сосуде, если показание ртутного манометра равно 500 мм рт. ст., а атмосферное давление по ртутному барометру составляет 750 мм. Температура воздуха в месте установки приборов равна 0°C.

Ответ:  $P_{\text{абс}} = 1,667 \text{ бар} = 0,1667 \text{ МПа}$ .

### Задача 4.7

Определить абсолютное давление в паровом котле, если манометр показывает 2,45 бар, а атмосферное давление по ртутному барометру составляет 700 мм при  $t = 20^\circ\text{C}$ .

Ответ:  $P = 3,38$  бар.

#### **Задача 4.8**

Какой высоте водяного столба соответствует 1 мм рт. ст.?

Ответ:  $h = 13,6$  мм вод. ст.

#### **Задача 4.9**

Какой высоте водяного столба соответствует давление равное 1 кгс/м<sup>2</sup>?

Ответ:  $h = 1$  мм вод. ст.

#### **Задача 4.10**

Определить абсолютное давление в конденсаторе паровой турбины, если показание присоединенного к нему ртутного вакуумметра равно 705 мм рт. ст., а показание ртутного барометра, приведенное к  $0^\circ\text{C}$ , 747 мм. Температура воздуха в месте установки приборов  $t = 20^\circ\text{C}$ .

Ответ:  $P = 5900$  Па.

#### **Задача 4.11**

Разрежение в газоходе парового котла измеряется тягомером с наклонной трубкой. Угол наклона трубки  $\alpha = 30^\circ$ . Длина столба воды, отсчитанная по шкале, 160 мм. Определить абсолютное давление газов, если показание ртутного барометра, приведенное к  $0^\circ\text{C}$  составляет, 740 мм.

Ответ:  $P = 734,1$  мм рт. ст.

#### **Задача 4.12**

Для предупреждения испарения ртути, пары которой оказывают вредное действие на человеческий организм, обычно при пользовании ртутными манометрами над уровнем ртути наливают слой воды. Определить абсолютное давление в сосуде, если разность столбов ртути в U-образном манометре составляет 580 мм при температуре ртути  $25^\circ\text{C}$ , а высота столба воды над ртутью - 150 мм. Атмосферное давление по ртутному барометру равно 770 мм при температуре  $25^\circ\text{C}$ .

Ответ:  $P = 1,81$  бар.

#### **Задача 4.13**

В трубке вакуумметра высота столбика ртути составляет 570 мм при температуре ртути 20°C. Над ртутью находится столбик воды высотой 37 мм. Барометрическое давление воздуха составляет 728 мм рт. ст. при 15°C. Определить абсолютное давление в сосуде.

Ответ:  $P = 155,4$  мм рт. ст.

#### **Задача 4.14**

Для измерения расхода жидкостей и газов используют дроссельные диафрагмы. Вследствие дросселирования жидкости при прохождении через диафрагму давление ее за диафрагмой всегда меньше, чем перед ней. По разности давлений перед и за диафрагмой, измеряемой дифференциальным U-образным манометром, можно определить массовый расход жидкости (килограмм в секунду) по формуле:

$$G = a f \sqrt{2 (P_1 - P_2) \rho},$$

где  $a$  - коэффициент расхода, определяемый экспериментально: при ламинарном режиме -  $a = 0,5$ ; при турбулентном -  $a = 0,5 - 0,82$ ;

$f$  - площадь входного отверстия диафрагмы, м<sup>2</sup>;

$P_1 - P_2$  - перепад давления на диафрагме, Па;

$\rho$  - плотность жидкости, протекающей по трубе, кг/м<sup>3</sup>.

Определить массовый расход воды, измеренный при помощи дроссельного устройства, если  $a = 0,8$ ; показание дифференциального манометра 84 мм рт. ст.;  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, а диаметр входного отверстия диафрагмы 10 мм.

Ответ:  $G = 1,89$  кг/с.

#### **Задача 4.15**

Присоединенный к газоходу парового котла тягомер показывает разрежение, равное 80 мм вод. ст. Определить абсолютное давление дымовых газов, если показание барометра при температуре 0°C равно 770 мм рт. ст.

Ответ:  $P = 764,1$  мм рт. ст.

#### **Задача 4.16**



Тягомер показывает разрежение в газоходе, равное 42 мм вод. ст. Атмосферное давление по ртутному барометру 757 мм рт. ст. при  $t = 15^{\circ}\text{C}$ . Определить абсолютное давление дымовых газов.

Ответ:  $P = 751,95$  мм рт. ст.

#### **Задача 4.17**

Определить абсолютное давление в газоходе котельного агрегата при помощи тягомера с наклонной трубкой. Жидкость, используемая в тягомере, спирт с плотностью  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>. Отсчет по наклонной шкале 200 мм. Угол наклона трубки  $\alpha = 30^{\circ}$ . Барометрическое давление 745 мм рт. ст. (приведено к  $0^{\circ}\text{C}$ ).

Ответ:  $P = 739$  мм рт. ст.

#### **Задача 4.18**

Температура пара, выходящего из перегревателя парового котла, равна  $950^{\circ}\text{F}$ . Перевести эту температуру в  $^{\circ}\text{C}$ .

Ответ:  $t = 510^{\circ}\text{C}$ .

#### **Задача 4.19**

Какая температура в градусах Фаренгейта соответствует абсолютному нулю?

Ответ:  $t = -459^{\circ}\text{F}$ .

#### **Задача 4.20**

Определить барометрическое давление на высоте 9500 м, если известно, что давление на уровне моря составляет 740 мм рт. ст. при  $15^{\circ}\text{C}$ .

Ответ:  $P = 0,276 \cdot 105$  Па.

#### **Задача 4.21**

Манометр показывает, что давление в баллоне, заполненном кислородом, составляет 40 ат. Определить избыточное давление кислорода в баллоне при подъеме его на высоту 6000 м, если барометрическое давление на уровне моря 770 мм рт. ст. при температуре окружающей среды  $30^{\circ}\text{C}$ .

Ответ:  $P = 3,97$  МПа.

#### **Задача 4.22**

В помещении, где установлена барокамера, давление по водяному манометру 50 мм вод. ст. Барометр, установленный вне помещения, показывает 750 мм рт. ст. при 30°C. В барокамере создан вакуум 180 мм рт. ст. Найти абсолютное давление в барокамере.

Ответ:  $P = 76$  кПа.

#### **Задача 4.23**

Определите абсолютное давление в конденсаторе паровой турбины, если показание присоединенного к нему ртутного вакуумметра 94 кПа (705 мм рт. ст.), а показание ртутного барометра, приведенное к температуре 0°C составляет 99,6 кПа (747 мм рт. ст.). Температура в месте установки прибора 20°C.

Ответ: 60 кПа.

#### **Задача 4.24**

Определите абсолютное давление в паровом котле, если манометр показывает 0,245 МПа, а атмосферное давление по ртутному барометру 700 мм рт. ст. (93325 Па) при температуре ртути 20°C.

Ответ: 0,338 МПа.

#### **Задача 4.25**

Определите массу воздуха, заключенного в баллоне емкостью 400 л, если плотность воздуха при некоторых давлении и температуре  $\rho = 28,6$  кг/м<sup>3</sup>.

Ответ:  $m = 11,44$  кг.

#### **Задача 4.26**

Манометр показывает давление 800 мм вод. ст. при барометрическом давлении 780 мм рт. ст. При другом наблюдении показания приборов оказались соответственно 600 мм вод. ст. и 795 мм рт. ст. Как изменилось абсолютное давление?

Ответ:  $P_{\text{абс}} = 0,112$  МПа. Не изменилось.

#### **Задача 4.27**

Определите силу, действующую на поршень диаметром  $d = 150$  мм, если давление в цилиндре  $P = 49 \cdot 10^5$  Па.

Ответ:  $F = 9$  т.

### **Задача 4.28**

Определите вакуум в конденсаторе, если абсолютное давление 0,049 МПа, а барометрическое 750 мм рт. ст.

Ответ:  $P_{\text{разр}}=0,051$  МПа.

### **Задача 4.29**

Определите какой объем занимает 1,3 кг воздуха при давлении  $P=1 \cdot 10^5$  Па и температуре 373 К, если при  $P=1 \cdot 10^5$  Па и  $T=288$  К плотность воздуха  $\rho=1,19$  кг/м<sup>3</sup>.

Ответ:  $V=1,415$  м<sup>3</sup>.

### **Задача 4.30**

Воздух массой 5 кг занимает объем  $V=2,7$  м<sup>3</sup>. Определите удельный объем и плотность воздуха в этом состоянии.

Ответ:  $v = 0,54$  м<sup>3</sup>/кг;  $\rho = 1,85$  кг/м<sup>3</sup>.

## **5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое термодинамическая система?
2. Что такое параметр состояния и что подразумевается под состоянием термодинамической системы?
3. Что такое термодинамическое равновесие?
4. Если системы находится в состоянии термодинамического равновесия, должны ли температура и давление во всех частях системы быть одинаковыми?
5. Что такое рабочее тело?
6. Что такое температура? Основные температурные шкалы.
7. Температура тела увеличилась на 23<sup>0</sup>С. На сколько изменилась температура в Кельвинах?
8. Что такое давление?
9. Как связаны между собой 1Па, 1 бар и 1 МПа?
10. С помощью каких приборов можно измерять давление?
11. Что такое абсолютное давление? Избыточное давление?
12. Что такое удельный объем? Связь удельного объема с плотностью вещества.

## **4 КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Предметом оценки являются умения и знания. Контроль и оценка осуществляются с использованием следующих форм и методов: тестирование, индивидуальные задания, устный зачет, самостоятельная работа, практическая работа, лабораторная работа.

Оценка освоения дисциплины предусматривает использование оценивания и проведение экзамена, курсовой работы.

### **I. ПАСПОРТ**

#### **Назначение**

КОМ предназначен для контроля и оценки результатов освоения дисциплины ОП.11 Теплотехника 14.02.01 Атомные электрические станции и установки.

#### **Умения**

- У1- решать задачи;
- У2 - анализировать производственные ситуации;
- У3 - рассчитывать варианты альтернативного технического решения

#### **Знания**

- З1 - основные положения технической термодинамики;
- З2 - газовые законы;
- З3 - первый закон термодинамики и процессы идеального газа;
- З4 - второй закон термодинамики;
- З5 - термодинамические процессы реального газа;
- З6 - циклы паротурбинных установок;
- З7 - основы теплопередачи;
- З8 - основы теории подобия и моделирования;
- З9 - процессы теплоотдачи и тепловое излучение;
- З10 - теплообменные аппараты.

#### **4.1 Экзамен**

### **II. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ЭКЗАМЕНУЮЩЕГОСЯ**

## Вариант 1

### Инструкция для обучающихся

Внимательно прочитайте задание.

#### Задание

Задание представлено в виде:

Задание №1. Теоретический вопрос.

Задание №2. Теоретический вопрос.

Задание №3. Решение задач.

### III. ПАКЕТ ЭКЗАМЕНАТОРА

Количество вариантов задания для экзаменуемого – 27

Время выполнения задания – 45 минут.

Результаты выставляются в зачетную ведомость

#### Оборудование:

Справочный материал, схемы.

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Номер и содержание задания	Оцениваемые компетенции	Показатели оценки результата
Задание №1, №2, №3	Без ответа	«2»
	Неполный ответ	«3»
	Правильный, неполный ответ	«4»
	Правильный, полный ответ	«5»

#### ПРИЛОЖЕНИЕ

Задания для оценки освоения дисциплины

#### Вариант №1

ОДОБРЕНО цикловой методической комиссией теплоэнергетических дисциплин _____ Н.М. Тарасова «__» _____ 20__ г.	Экзаменационный билет № 29 по ОП.11 Теплотехника Группы _____ Семестр 4	УТВЕРЖДАЮ Заместитель директора _____ Г.В. Калинкина «__» _____ 20__ г.
---	--	--

1. Виды давлений.
2. Закон Шарля.
3. Задача.

Найти абсолютное давление пара в котле, если манометр показывает  $P = 0,13$  МПа. Атмосферное давление по показаниям ртутного барометра составляет  $B = 680$  мм рт. ст. ( $90660$  Па) при  $t = 25$  0С.

### Вариант №2

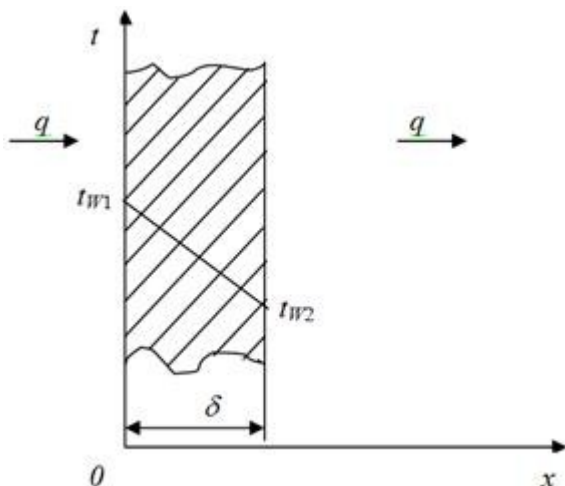
<p>ОДОБРЕНО цикловой методической комиссией теплоэнергетических дисциплин _____ Н.М. Тарасова «__» _____ 20__ г.</p>	<p>Экзаменационный билет № 27 по ОП.11 Теплотехника Группы _____ Семестр 4</p>	<p>УТВЕРЖДАЮ Заместитель директора _____ Г.В. Калинин «__» _____ 20__ г.</p>
--	--	--

1. Дать понятие – вынужденная конвекция.
2. Дать понятие – излучение
3. Задача.

Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена:

из стали ( $\lambda = 40$  Вт/м×град);

Толщина стенки  $d = 50$  мм. Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными и равными  $t_{w1} = 100^\circ\text{C}$  и  $t_{w2} = 90^\circ\text{C}$ .



## Вариант №3

ОДОБРЕНО цикловой методической комиссией теплоэнергетических дисциплин _____ Н.М. Тарасова «__» _____ 20__ г.	Экзаменационный билет № 20 по ОП.11 Теплотехника Группы _____ Семестр 4	УТВЕРЖДАЮ Заместитель директора _____ Г.В. Калинин «__» _____ 20__ г.
---	--	--

1. Формулировка Второго закона термодинамики.
2. Газовые смеси.
3. Задача.

Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной  $\delta$ , мм

$$q = 70 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

=50мм, равна

Определить разность температур на поверхности стенки и численные значения градиента температуры в стенке, если она выполнена:

$$\lambda = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$$

из красного кирпича

## Вариант 2

### Инструкция для обучающихся по курсовой работе

Внимательно прочитайте задание.

#### Задание

Задание представлено в виде индивидуального задания:

Тема \_\_\_\_\_

#### 1. Исходные данные

1. Тип теплообменника Водо-водяной
2. Производительность подогревателя \_\_\_\_\_
3. Температура нагреваемой воды:
  - 3.1 на входе в подогреватель \_\_\_\_\_
  - 3.2 на выходе из подогревателя \_\_\_\_\_
4. Коэффициент загрязнения поверхности нагрева \_\_\_\_\_
5. Поверхность нагрева \_\_\_\_\_
6. Температура греющей воды:

- 6.1 на входе в подогреватель \_\_\_\_\_  
6.2 на выходе из подогревателя \_\_\_\_\_  
7. Скорость воды в трубках \_\_\_\_\_  
8. Список литературы \_\_\_\_\_

## 2. Содержание пояснительной записки

1. Определение массового  $G$  и объемного  $V$  расхода воды.
2. Определение водо-водяного подогревателя.
3. Определение скорости воды в трубках.
4. Определение средней температуры воды.
5. Определение режимов течения воды в трубках и в межтрубном пространстве.
6. Определение коэффициентов теплоотдачи при течении воды в трубках и в межтрубном пространстве.
7. Определение расчетного коэффициент теплопередачи.
8. Определение температурного напора между греющей и нагреваемой водой.
9. Определение необходимой поверхности теплообмена.
10. Определение длины трубок по ходу движения греющей воды.
11. Список литературы.

Дата выдачи задания

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Срок выполнения

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Задание составил преподаватель \_\_\_\_\_

**Количество вариантов задания для экзаменуемого – 27**

**Время выполнения задания – 20 часов.**

Результаты выставляются в зачетную ведомость

### **Оборудование:**

Справочный материал, схемы, методические рекомендации по выполнению курсовой работы.

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ**

**Критерии оценки защиты курсовой работы:**

**Отметка «отлично»**



- работа выполнена качественно в полном объеме, с полным ответом на вопросы защиты КР, ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения.

### Отметка «хорошо»

- работа выполнена качественно в полном объеме, ответ не полный или допущено не более двух несущественных ошибок при защите.

### Отметка «удовлетворительно»

- работа выполнена с отступлением от стандартов, в ответе на вопросы защиты КР допущены принципиальные ошибки.

**Отметка «неудовлетворительно»** - работа выполнена с отступлением от стандартов, на вопросы защиты КР не получены ответы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Темы на курсовую работу для оценки освоения дисциплины

ОДОБРЕНО

цикловой методической комиссией  
теплоэнергетических дисциплин

\_\_\_\_\_ Н.М. Тарасова  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора НВПК НИЯУ МИФИ

\_\_\_\_\_ Г.В. Калинин  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ г

### Темы курсовой работы

По дисциплине ОП.11 Теплотехника

№ п/п	Ф.И.О.	Тема курсовой работы
1		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,82 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_2^I=71^\circ\text{C}$ , $t_2^{II}=96^\circ\text{C}$ , $\beta=0,66$ , Поверхность нагрева – стальные трубы, диаметром $d_{вн}/d_{н}=14/16$ мм, $t_1^I=141^\circ\text{C}$ , $t_1^{II}=81^\circ\text{C}$ , $\omega_m=0,8$ м/с, $\rho_e=1000$ кг/м <sup>3</sup>
2		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=0,77 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_{2I}=72^\circ\text{C}$ , $t_{2II}=97^\circ\text{C}$ , $P=5$ атм, $z=6$ , поверхность нагрева – латунные трубы диаметром $d_{вн}/d_{н}=16/18$ мм. Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta_3/\lambda_3=0,00016$ м <sup>2</sup> *час*К/ккал $\approx 0,00014$ м <sup>2</sup> К/Вт. Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 1,2 м/с.
3		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,7 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_2^I=72^\circ\text{C}$ , $t_2^{II}=97^\circ\text{C}$ , $\beta=0,67$ , Поверхность нагрева – медные трубы, диаметром $d_{вн}/d_{н}=14/16$ мм, $t_1^I=142^\circ\text{C}$ , $t_1^{II}=82^\circ\text{C}$ , $\omega_m=0,8$ м/с, $\rho_e=1000$ кг/м <sup>3</sup>
4		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=1,87 \cdot 10^6$ ккал/ч.

		$t_{21} = 73^{\circ}\text{C}$ , $t_{211} = 998^{\circ}\text{C}$ , $P = 4$ атм, $z = 4$ , поверхность нагрева – медные трубы диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}} = 18/20$ мм. Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3 = 0,00018 \text{ м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{K}/\text{ккал} \approx 0,00016 \text{ м}^2 \text{K}/\text{Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 1,3 м/с.
5		Произвести тепловой расчет водо-водяного подогревателя производительностью $Q=1,77 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_2^1=73^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{11}=98^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,65$ , Поверхность нагрева – латунные трубы, диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}}=16/18$ мм, $t_1^1=143^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{11}=83^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m = 0,7$ м/с, $\rho_6=1000$ кг/м <sup>3</sup>
6		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=0,97 \cdot 10^6$ ккал/ч $t_{21} = 76^{\circ}\text{C}$ , $t_{211} = 104^{\circ}\text{C}$ , $P = 4$ атм, $z = 4$ , поверхность нагрева – латунные трубы диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}} = 18/20$ мм. Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3 = 0,00016 \text{ м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{K}/\text{ккал} \approx 0,00014 \text{ м}^2 \text{K}/\text{Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 1,6 м/с.
7		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,47 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_2^1=74^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{11}=99^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,64$ , Поверхность нагрева – медные трубы, диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}}=18/20$ мм, $t_1^1=144^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{11}=84^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m = 0,8$ м/с, $\rho_6=1000$ кг/м <sup>3</sup>
8		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,28 \cdot 10^6$ ккал/ч $t_2^1=73^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{11}=98^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,64$ , Поверхность нагрева – латунные трубы, диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}}=12/14$ мм, $t_1^1=146^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{11}=86^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m = 0,6$ м/с, $\rho_6=1000$ кг/м <sup>3</sup>
9		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,33 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_2^1=77^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{11}=102^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,66$ , Поверхность нагрева – латунные трубы, диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}}=12/14$ мм, $t_1^1=148^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{11}=86^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m = 0,9$ м/с, $\rho_6=1000$ кг/м <sup>3</sup>
10		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=1,34 \cdot 10^6$ ккал/ч $t_{21} = 79^{\circ}\text{C}$ , $t_{211} = 112^{\circ}\text{C}$ , $P = 4$ атм, $z = 6$ , поверхность нагрева – медные трубы диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}} = 12/14$ мм. Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3 = 0,00012 \text{ м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{K}/\text{ккал} \approx 0,00018 \text{ м}^2 \text{K}/\text{Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 2 м/с.
11		Произвести тепловой расчет пароводяного секционного подогревателя производительностью $Q=2,4 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_{21} = 82^{\circ}\text{C}$ , $t_{211} = 122^{\circ}\text{C}$ , $P = 6$ атм, $z = 4$ , поверхность нагрева – латунные трубы диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}} = 10/12$ мм. Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3 = 0,00016 \text{ м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{K}/\text{ккал} \approx 0,00014 \text{ м}^2 \text{K}/\text{Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 4 м/с.
12		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=1,18 \cdot 10^6$ ккал/ч. $t_{21} = 86^{\circ}\text{C}$ , $t_{211} = 124^{\circ}\text{C}$ , $P = 5$ атм, $z = 2$ , поверхность нагрева – медные трубы диаметром $d_{\text{вн.}}/d_{\text{н.}} = 12/14$ мм. Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3 = 0,00016 \text{ м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{K}/\text{ккал} \approx 0,00012 \text{ м}^2 \text{K}/\text{Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 1,6 м/с.
13		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,54 \cdot 10^6$ ккал/ч.

		$t_2^I=78^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{II}=102^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,64$ , Поверхность нагрева – медные трубы, диаметром $d_{вн}/d_n=14/16\text{мм}$ , $t_1^I=148^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{II}=88^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m=0,8\text{м/с}$ , $\rho_6=1000\text{кг/м}^3$
14		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,92*10^6\text{ккал/ч}$ . $t_2^I=78^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{II}=104^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,62$ , Поверхность нагрева – латунные трубы, диаметром $d_{вн}/d_n=16/18\text{мм}$ , $t_1^I=146^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{II}=88^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m=0,86\text{м/с}$ , $\rho_6=1000\text{кг/м}^3$
15		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=1,94*10^6\text{ккал/ч}$ . $t_{21}=84^{\circ}\text{C}$ , $t_{211}=124^{\circ}\text{C}$ , $P=4\text{ атм}$ , $z=4$ , поверхность нагрева – медные трубы диаметром $d_{вн}/d_n=12/14\text{мм}$ . Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3=0,00016\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{К/ккал}\approx 0,00014\text{м}^2\text{К/Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять $1,4\text{ м/с}$ .
16		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=0,72*10^6\text{ккал/ч}$ . $t_{21}=72^{\circ}\text{C}$ , $t_{211}=92^{\circ}\text{C}$ , $P=6\text{ атм}$ , $z=2$ , поверхность нагрева – латунные трубы диаметром $d_{вн}/d_n=10/12\text{мм}$ . Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3=0,00012\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{К/ккал}\approx 0,00016\text{м}^2\text{К/Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять $2\text{ м/с}$ .
17		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=1,78*10^6\text{ккал/ч}$ $t_{21}=78^{\circ}\text{C}$ , $t_{211}=92^{\circ}\text{C}$ , $P=4\text{ атм}$ , $z=2$ , поверхность нагрева – медные трубы диаметром $d_{вн}/d_n=12/14\text{мм}$ . Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3=0,00016\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{К/ккал}\approx 0,00016\text{м}^2\text{К/Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять $1,3\text{ м/с}$ .
18		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=1,28*10^6\text{ккал/ч}$ $t_{21}=76^{\circ}\text{C}$ , $t_{211}=96^{\circ}\text{C}$ , $P=3\text{ атм}$ , $z=6$ , поверхность нагрева – латунные трубы диаметром $d_{вн}/d_n=12/14\text{мм}$ . Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3=0,00014\text{м}^2\cdot\text{час}\cdot\text{К/ккал}\approx 0,00014\text{м}^2\text{К/Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять $1\text{ м/с}$ .
19		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=0,94*10^6\text{ккал/ч}$ $t_2^I=76^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{II}=104^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,6$ , Поверхность нагрева – медные трубы, диаметром $d_{вн}/d_n=14/16\text{мм}$ , $t_1^I=146^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{II}=84^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m=0,6\text{м/с}$ , $\rho_6=1000\text{кг/м}^3$
20		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,77*10^6\text{ккал/ч}$ $t_2^I=76^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{II}=106^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,73$ , Поверхность нагрева – латунные трубы, диаметром $d_{вн}/d_n=12/14\text{мм}$ , $t_1^I=150^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{II}=88^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m=0,74\text{м/с}$ , $\rho_6=1000\text{кг/м}^3$
21		Произвести тепловой расчет водо-водяного секционного подогревателя производительностью $Q=1,84*10^6\text{ккал/час}$ . $t_2^I=82^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{II}=106^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,7$ , Поверхность нагрева – медные трубы, диаметром $d_{вн}/d_n=12/14\text{мм}$ , $t_1^I=152^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{II}=91^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m=0,74\text{м/с}$ , $\rho_6=1000\text{кг/м}^3$
22		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=0,78*10^6\text{ккал/час}$ . $t_{21}=82^{\circ}\text{C}$ , $t_{211}=102^{\circ}\text{C}$ , $P=4\text{ атм}$ , $z=4$ , поверхность нагрева – латунные трубы диаметром $d_{вн}/d_n=12/14\text{мм}$ . Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением

		$\delta 3/\lambda 3 = 0,00016 \text{ м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{К} / \text{ккал} \approx 0,00016 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 1,6 м/с.
23		Произвести тепловой расчет водо-водяного подогревателя производительностью $Q=1,18 \cdot 10^6$ ккал/час. $t_2^I=82^{\circ}\text{C}$ , $t_2^{II}=108^{\circ}\text{C}$ , $\beta=0,8$ , Поверхность нагрева – латунные трубы, диаметром $d_{вн}/d_{н}=12/14$ мм, $t_1^I=152^{\circ}\text{C}$ , $t_1^{II}=92^{\circ}\text{C}$ , $\omega_m=0,76$ м/с, $\rho_e=1000$ кг/м <sup>3</sup>
24		Произвести тепловой расчет пароводяного подогревателя производительностью $Q=0,88 \cdot 10^6$ ккал/час. $t_{2I}=86^{\circ}\text{C}$ , $t_{2II}=112^{\circ}\text{C}$ , $P=3$ атм, $z=2$ , поверхность нагрева – латунные трубы диаметром $d_{вн.}/d_{н}=14/16$ мм. Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением $\delta 3/\lambda 3 = 0,00018 \text{ м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{К} / \text{ккал} \approx 0,00018 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт}$ . Скорость воды $\omega_m$ в трубках принять 1,3 м/с.

## Лист согласования

### Дополнения и изменения к комплекту ФОС на учебный год

Дополнения и изменения к комплекту ФОС на \_\_\_\_\_ учебный год по дисциплине

\_\_\_\_\_

В комплект ФОС внесены следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дополнения и изменения в комплекте ФОС обсуждены на заседании ЦМК

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г. (протокол № \_\_\_\_\_ ).

Председатель ЦМК \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /