

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»
Многопрофильный колледж

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.10 ТЕПЛОМАССООБМЕН
«Общепрофессиональный цикл»
программы подготовки специалистов среднего звена
специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование**

Квалификация: техник-теплотехник

Форма обучения
очная на базе основного общего образования

Рабочая программа учебной дисциплины «Тепломассообмен» разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование, утвержденного приказом Министерства просвещения Российской Федерации от «25» августа 2021 г. №600

Организация-разработчик: Многопрофильный колледж ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»

Разработчик (и):

преподаватель отделения №3 «Строительства, экономики и сферы обслуживания»
Многопрофильного колледжа ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Хулкар Нуруллоевна Демина

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Монтажа и эксплуатации
электрооборудования»

Председатель С.Б. Меняшева

Протокол № 5 от «22» января 2025 г.

Методической комиссией МпК

Протокол № 3 от «19» февраля 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ...	1447
1.1 Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	1447
1.2 Перечень планируемых результатов освоения дисциплины.....	1447
1.3 Обоснование часов учебной дисциплины в рамках вариативной части	1448
2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	1449
2.1 Трудоемкость освоения дисциплины.....	1449
2.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины	1450
2.3 Перечень практических и лабораторных занятий	1454
3 УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	1456
3.1 Материально-техническое обеспечение	1456
3.2 Учебно-методическое и информационное обеспечение реализации программы	1456
3.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся	1456
4 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	1458
4.1 Текущий контроль	1458
4.2 Промежуточная аттестация	1459
Приложение 1	1463
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	1463

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Рабочая программа учебной дисциплины «Тепломассообмен» является частью программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование. Рабочая программа составлена для очной формы обучения.

Цель дисциплины: обучение основным тепломассообменным процессам; изучение основных видов и конструкций тепломассообменного оборудования предприятий; приобретение профессиональных навыков и умений при промышленной эксплуатации тепломассообменного оборудования, направленного на достижение максимальной производительности при минимальных затратах и высоком качестве готовой продукции.

Дисциплина «Тепломассообмен» включена в вариативную часть общепрофессионального цикла образовательной программы формируемой под запрос ПАО «ММК».

1.2 Перечень планируемых результатов освоения дисциплины

Содержание дисциплины ориентировано на подготовку обучающихся к освоению видов деятельности программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению следующими профессиональными и общими компетенциями:

ПК 1.1. Осуществлять пуск и остановку теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Результаты освоения дисциплины соотносятся с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представленной в разделе 4 ППССЗ.

Требования к результатам освоения дисциплины

Индекс и наименование ОК, ПК	Результаты освоения	
	Умеет	Знает
ПК 1.1. Осуществлять пуск и остановку теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения	Уд 1_ОП.10 Осуществлять пуск и остановку теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения	Зд 1 ОП.10 Принцип работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения
ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения	Уд 2_ОП.10 Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения	Зд 2_ОП.10 Основные характеристики теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план;	Зо 01.01 актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить;

	Уо 01.02_ОП.10 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;	Зо 01.02 алгоритмы и методы выполнения работ в профессиональной и смежных областях;
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	Уо 02.01 определять необходимые источники информации; эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы, оформлять результаты поиска;	Зо 02.01 основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте;
	Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;	Зо 02.02 современные средства и устройства информатизации, порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности в том числе с использованием цифровых средств;

1.3 Обоснование часов учебной дисциплины в рамках вариативной части

Дополнительные профессиональные компетенции	Дополнительные знания, умения, навыки	Номер и наименование темы	Объем часов	Обоснование включения в рабочую программу
	Уд 1, Зд 1	Раздел 1. Основы теории теплообмена	30	1. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения в соответствии с
	Уд 2, Зд 2	Раздел 2. Тепломассообменное оборудование	60	предусмотренными параметрами
	Уд 1, Зд 1 Уд 2, Зд 2	Экзамен	9	2. Снижать энергозатраты в процессе эксплуатации теплотехнического оборудования
Всего академических часов учебной дисциплины в рамках вариативной части			99	

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Трудоемкость освоения дисциплины

Наименование составных частей дисциплины	Объем в часах	в т.ч. в форме практической подготовки
теоретические занятия (лекции, уроки)	26	
практические занятия	32	
лабораторные занятия	26	20
самостоятельная работа	6	
промежуточная аттестация	9	
Форма промежуточной аттестации – экзамен		

2.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины

Наименование разделов и тем учебной дисциплины	Содержание учебного материала, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа обучающихся	Объем, акад. ч / в том числе в форме практической подготовки, акад.ч.	Код ПК, ОК	Коды осваиваемых элементов компетенций
1	2	3	4	5
Раздел 1. Основы теории теплообмена		30/0		
Тема 1.1 Основные понятия и определения	Содержание	2/0		
	1. Способы передачи теплоты	1/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
	2. Количественные характеристики переноса теплоты	1/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
Тема 1.2 Теплопроводность	Содержание	4/0		
	1. Основной закон теплопроводности	1/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
	2. Коэффициент теплопроводности	1/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
	В том числе практических занятий	2/0		
	Практическое занятие №1. Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки	2/0	ПК 1.2 ОК 02	Уд 2, Уо 02.01 Уо 02.02
Тема 1.3 Теплоотдача	Содержание	2/0		
	1. Основной закон конвективного теплообмена	1/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
	2. Коэффициент теплоотдачи	1/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
Тема 1.4 Лучистый теплообмен	Содержание	2/0		
	1. Описание и основные определения лучистого теплообмена	2/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02

Тема 1.5 Теплопередача	Содержание	20/0		
	1. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку	2/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
	2. Интенсификация теплопередачи	2/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
	3. Тепловая изоляция	2/0	ПК 1.2 ОК 02	Зд2, Зо 02.01 Зо.02.02
	В том числе практических занятий	8/0		
	Практическое занятие №2. Расчет теплопередачи в трубном пучке	4/0	ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 2, Уо 02.01 Уо 02.02
	Практическое занятие №3. Расчет теплопередачи через ребристую стенку	2/0	ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 2, Уо 01.01 Уо 01.02, Уо 02.01 Уо 02.02
	Практическое занятие №4. Расчет толщины тепловой изоляции	2/0	ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 2, Уо 01.01 Уо 01.02, Уо 02.01 Уо 02.02
	Самостоятельная работа	6/0		
	Тепловой расчет тепловых потерь теплопровода	6/0	ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 2, Уо 01.01 Уо 01.02, Уо 02.01 Уо 02.02
Раздел 2. Тепломассообменное оборудование		60/20		
Тема 2.1 Классификация тепломассообменного оборудования	Содержание	36/20		
	1. Рекуперативные теплообменники	2/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Зд 1 Зд 2 Зо 01.01, Зо 01.02 Зо 02.01, Зо.02.02
	2. Регенеративные теплообменники	2/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	

	3. Смесительные (контактные) теплообменники	2/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Зд 1 Зд 2 Зо 01.01, Зо 01.02 Зо 02.01, Зо.02.02
	В том числе практических и лабораторных занятий	30/20		
	Лабораторное занятие №1. Исследование теплопередачи в рекуперативных водоподогревателей тепловых пунктах	16/14	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01, Уо 01.02 Уо 02.01, Уо 02.02
	Лабораторное занятие №2. Исследование теплопередачи отопительных приборов	10/6	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01, Уо 01.02 Уо 02.01, Уо 02.02
	Практическое занятие №5. Тепловой расчет рекуперативного теплообменника	4/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01, Уо 01.02 Уо 02.01, Уо 02.02
Тема 2.2 Поверхности нагрева котла	Содержание	24/0		
	1. Испарительные поверхности	2/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01, Уо 01.02 Уо 02.01, Уо 02.02
	2. Пароперегреватели	2/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01, Уо 01.02 Уо 02.01, Уо 02.02
	3. Низкотемпературные поверхности нагрева	2/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01, Уо 01.02 Уо 02.01, Уо 02.02
	В том числе практических занятий	18/0		
	Практическое занятие №6. Тепловой расчет пароперегревателя	6/0	ПК 1.1 ПК 1.2	Уд 1 Уд 2

			ОК 01 ОК 02	Уо 01.01 Уо 01.02 Уо 02.01 Уо 02.02
	Практическое занятие №7. Тепловой расчет водяного экономайзера	6/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01 Уо 01.02 Уо 02.01 Уо 02.02
	Практическое занятие №8. Тепловой расчет рекуперативного воздухоподогревателя	6/0	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Уд 1 Уд 2 Уо 01.01 Уо 01.02 Уо 02.01 Уо 02.02
Промежуточная аттестация		9/0		
Всего		99/20		

2.3 Перечень практических и лабораторных занятий

Номенклатура практических и лабораторных занятий должна обеспечивать освоение названных в разделе 1.2 рабочей программы умений.

Темы лабораторных и практических занятий	Содержание (краткое описание)	Специализированное оборудование, технические средства, программное обеспечение
Раздел 1 Основы теории теплообмена		
Практические занятия		
Практическое занятие №1. Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки	Формирование умений рассчитывать коэффициента теплопроводности для теплообменного оборудования в системах теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.
Практическое занятие №2. Расчет теплопередачи в трубном пучке	Формирование умений рассчитывать коэффициента теплопередачи для теплообменного оборудования в системах теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.
Практическое занятие №3. Расчет теплопередачи через ребристую стенку	Закрепление представлений о способах интенсификации теплопередачи в теплообменном оборудовании в системах теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.
Практическое занятие №4. Расчет толщины тепловой изоляции	Обучение определению требуемой толщины изоляции трубопроводов в системах теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.
Раздел 2 Наименование		
Лабораторные занятия		
Лабораторное занятие №1. Исследование	Закрепление представлений о протекании процесса	Ноутбук: Lenovo 15.6", AMD A4 9120 2.2ГГц, 2-ядерный, /RAM 4ГБ DDR4, /HDD 500ГБ, программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия

теплопередачи в рекуперативных водоподогревателей тепловых пунктах	теплопередачи в теплообменном оборудовании тепловых пунктов в системах теплоснабжения	№47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно; 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно. Лабораторная установка "Автоматизированный тепловой пункт" АТП-01.
Лабораторное занятие №2. Исследование теплопередачи отопительных приборов	Закрепление представлений о протекании процесса теплопередачи в теплообменном оборудовании потребителей тепловой энергии в системах теплоснабжения	Ноутбук: Lenovo 15.6", AMD A4 9120 2.2ГГц, 2-ядерный, /RAM 4ГБ DDR4, /HDD 500ГБ, программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно; 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно. Лабораторная установка "Автоматизированный тепловой пункт" АТП-01.
Практические занятия		
Практическое занятие №5. Тепловой расчет рекуперативного теплообменника	Формирование умений рассчитывать требуемую площадь теплообменной поверхности для теплообменного оборудования тепловых пунктов в системах теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.
Практическое занятие №6. Тепловой расчет пароперегревателя	Формирование умений рассчитывать требуемую площадь теплообменной поверхности для пароперегревателя в составе котлов систем теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.
Практическое занятие №7. Тепловой расчет водяного экономайзера	Формирование умений рассчитывать требуемую площадь теплообменной поверхности для экономайзеров в составе котлов систем теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.
Практическое занятие №8. Тепловой расчет рекуперативного воздухоподогревателя	Формирование умений рассчитывать требуемую площадь теплообменной поверхности для воздухоподогревателя в составе котлов систем теплоснабжения	Компьютер: Intel (R) Core (TM) i5- 2300 CPU@ 2, 80 GHz 3 GHz/RAM/8, 00 Gb /HDD/244 Gb keyb/ монитор19", проектор Acer X 1261 P; Экран настенный: программное обеспечение: MS Windows 7, лицензия №47818300, бессрочно; MS Office 2007, лицензия 42373644, бессрочно; Adobe Reader 9 свободно распространяемое ПО бессрочно, 7 Zip свободно распространяемое ПО бессрочно.

3 УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Материально-техническое обеспечение

Для реализации программы учебной дисциплины предусмотрены следующие специальные помещения:

Кабинет «*Общепрофессиональных дисциплин*», оснащенный в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

Лаборатория «*Теплотехники и технической эксплуатации оборудования и систем тепло- и топливоснабжения*», оснащенная в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

Помещение для *воспитательной работы*, оснащенное в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

Компьютерный класс, оснащенный в соответствии с приложением 3 образовательной программы.

3.2 Учебно-методическое и информационное обеспечение реализации программы

Основные источники:

1. Дерюгин, В. В. Тепломассообмен : учебное пособие для СПО / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 240 с. — ISBN 978-5-507-51113-6. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/505351>

2. Артамонова, Л. П. Тепломассообмен : учебное пособие / Л. П. Артамонова. — Ижевск: УдГАУ, 2022. — 127 с. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/484796>

3. Дополнительные источники:

1. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях: учебное пособие / И. В. Кудинов, В. А. Кудинов, А. В. Еремин, С. В. Колесников. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1837-4. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211796>

Интернет-ресурсы:

1. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – ФЦИОР
[Электронный ресурс]. — Режим доступа:
<https://web.archive.org/web/20191121151247/http://fcior.edu.ru>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. рус.

3.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений обучающихся.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу обучающихся по учебной дисциплине, проходит как в письменной, так и устной или смешанной форме, с представлением изделия или продукта самостоятельной деятельности.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы используются: *проверка выполненной работы преподавателем.*

№	Наименование раздела/темы	Оценочные средства (задания) для самостоятельной внеаудиторной работы
1	Раздел 1. Основы теории теплообмен Тема 1.3 Теплопередача	Самостоятельная работа № 1 Тепловой расчёт тепловых потерь теплопровода Исходные данные: - Теплоноситель – перегретый водяной пар. Давление на источнике 1,0 МПа, температура 250 °С. Массовый расход 2,5 кг/с. - Трубопровод – стальная бесшовная труба: внутренний диаметр 150 мм, толщина стенки 4,5 мм. Коэффициент теплопроводности стали 50 Вт/(м·К). Длина трубопровода 800 м. - Прокладка – надземная, на открытом воздухе. Средняя температура окружающего воздуха -10 °С. - Суммарный коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности 20 Вт/(м²·К). - Тепловая изоляция: материал – минераловатные плиты, коэффициент теплопроводности 0,045 Вт/(м·К). - Защитное металлическое покрытие имеет пренебрежимо малое термическое сопротивление. - Требование потребителя: минимально допустимая температура пара в конце трубопровода 200 °С. - Теплофизические свойства перегретого пара при 1,0 МПа (осреднённые в интервале 200...250 °С): плотность 3,8 кг/м³, динамическая вязкость $18,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с, коэффициент теплопроводности 0,042 Вт/(м·К), число Прандтля $Pr = 0,95$. Требуется рассчитать: 1. Расчёт коэффициента теплоотдачи от пара к внутренней стенке. 2. Тепловые потери и требуемую толщину изоляции. Цель: углубление ранее изученного материала, выработка умений и навыков по применению формул, применение полученных знания на практике. Рекомендации по выполнению задания: повторить изученную тему, внимательно прочитать условие задачи. Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если расчетная часть выполнена в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач. оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач; оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил; оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

4 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе текущего контроля и промежуточной аттестации.

4.1 Текущий контроль

№	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Контролируемые результаты	Наименование оценочного средства	Критерии оценки
1	Раздел 1. Основы теории теплообмена	ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Практические задания, контрольная работа	См. ниже
2	Раздел 2. Теплообменное оборудование	ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Практические задания, лабораторные работы, контрольная работа	См. ниже

Критерии оценки практического задания:

«5» (отлично): выставляется студенту, если расчетная и графическая части выполнены в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

«4» (хорошо): выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

«3» (удовлетворительно): выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, если работа не выполнена/

Критерии оценки лабораторного занятия:

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (неудовлетворительно): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка уровня подготовки	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Критерии оценки контрольной работы:

«5» (отлично): заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой.

«4» (хорошо): выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по теме и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, допустившим незначительные ошибки при выполнении работы.

«3» (удовлетворительно): выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на теоретические вопросы и при выполнении практической части, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«2» (неудовлетворительно): выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в

выполнении предусмотренных программой заданий.

4.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется по завершении изучения дисциплины и позволяет определить качество и уровень ее освоения.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине «Тепломассообмен» - экзамен.

Результаты обучения	Оценочные средства для промежуточной аттестации
ПК 1.1 ПК 1.2 ОК 01 ОК 02	Перечень вопросов к экзамену: 1 Основные понятия и определения 1. Дайте определение процессу тепломассообмена и поясните его значение для работы теплотехнического оборудования. 2. Перечислите три основных способа передачи теплоты. Приведите пример реализации каждого способа в системах теплоснабжения. 3. Что понимается под температурным полем? Изобразите схематично одномерное стационарное температурное поле в плоской стенке. 4. Объясните различие между стационарным и нестационарным режимами теплообмена. Какой из них характерен для пусковых режимов котла? 5. Дайте определения теплового потока и плотности теплового потока. Укажите их единицы измерения в системе СИ и связь между ними. 2 Теплопроводность 6. Запишите основной закон теплопроводности (закон Фурье). Поясните, как с его помощью определить направление переноса теплоты. 7. Что характеризует коэффициент теплопроводности? Назовите факторы, влияющие на его величину для твёрдых тел, жидкостей и газов. 8. Объясните, почему металлы обладают высокой теплопроводностью, а теплоизоляционные материалы – низкой. Приведите примеры материалов обеих групп, применяемых в теплотехническом оборудовании. 9. Как изменяется коэффициент теплопроводности большинства строительных и теплоизоляционных материалов с ростом температуры? Какое значение это имеет при выборе режима работы котла? 10. Что понимается под термическим сопротивлением слоя? Как определяется общее термическое сопротивление многослойной конструкции? Задача. Плоская стенка топки состоит из двух слоёв: шамотный кирпич толщиной $\delta_1 = 230$ мм ($\lambda_1 = 0,9$ Вт/(м·К)) и красный кирпич толщиной $\delta_2 = 250$ мм ($\lambda_2 = 0,6$ Вт/(м·К)). Температура на внутренней поверхности кладки $t_1 = 800$ °С, на наружной $t_3 = 60$ °С. Найти плотность теплового потока и температуру между слоями. Задача (стационарная теплопроводность цилиндрической стенки). Паропровод наружным диаметром 108 мм и толщиной стенки 4 мм покрыт слоем изоляции толщиной 60 мм. Коэффициент теплопроводности изоляции 0,12 Вт/(м·К). Температура внутренней поверхности изоляции 190 °С, наружной 40 °С. Определите линейную плотность теплового потока. 3 Теплоотдача (конвективный теплообмен) 11. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (закон Ньютона-Рихмана). Запишите формулу и назовите все входящие в неё величины. 12. Что такое коэффициент теплоотдачи? В каких единицах он измеряется и от чего зависит его величина? 13. Перечислите основные физические факторы, которые влияют на интенсивность конвективной теплоотдачи. Каким образом скорость потока теплоносителя сказывается на коэффициенте теплоотдачи? 14. Объясните различие между свободной (естественной) и вынужденной

	конвекцией. Приведите пример каждого вида конвекции в элементах котельного агрегата. 15. Какие критерии (числа) подобия используются для расчёта конвективного теплообмена? Задача. Определите коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воде, если известно: тепловой поток с поверхности площадью $0,5 \text{ м}^2$ составляет 4500 Вт, температура стенки $75 \text{ }^\circ\text{C}$, средняя температура воды $55 \text{ }^\circ\text{C}$. Задача. Для течения воды в трубопроводе рассчитайте число Рейнольдса и определите режим течения: внутренний диаметр трубы 50 мм, скорость воды $0,8 \text{ м/с}$, кинематическая вязкость воды $0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Поясните, как режим течения повлияет на интенсивность теплоотдачи. 4 Лучистый теплообмен 16. Дайте определение лучистого теплообмена. Какие тела являются носителями теплового излучения? 17. формулируйте основное понятие абсолютно чёрного тела. Почему эта модель важна для расчётов лучистого теплообмена? 18. Дайте определения поглотательной, отражательной и пропускательной способности тела. Какое тело называют серым? 19. то такое степень черноты тела? Приведите примеры материалов с высокой и низкой степенью черноты, применяемых в топках котлов. 20. Опишите механизм передачи теплоты излучением в топке парового котла. Какие поверхности воспринимают лучистую энергию? Практическое задание с элементами диагностики. При осмотре работающего котла оператор замечает, что показания радиационного пирометра, направленного на экранную трубу, ниже ожидаемых. Какие факторы, связанные со свойствами поверхности трубы, могли привести к занижению показаний? Как это связано со степенью черноты? 5 Теплопередача 21. Что называют теплопередачей? Запишите уравнение теплопередачи для плоской стенки, введите понятие коэффициента теплопередачи. 22. Опишите последовательность расчёта теплового потока через цилиндрическую стенку при теплопередаче от горячего теплоносителя к холодному. 23. Что понимают под тепловой изоляцией? Сформулируйте основное назначение тепловой изоляции трубопроводов и оборудования систем теплоснабжения. 24. Как определить критический диаметр тепловой изоляции для цилиндрической поверхности? Поясните, в каком случае наложение изоляции действительно снижает тепловые потери. 25. Перечислите основные методы интенсификации теплопередачи в рекуперативных теплообменниках. Объясните, какой из термических сопротивлений чаще всего лимитирует теплопередачу и почему воздействуют именно на него. Задача. Через плоскую стальную стенку толщиной 10 мм ($\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) происходит теплопередача от горячей воды к воздуху. Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке $\alpha_1 = 2500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, от стенки к воздуху $\alpha_2 = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Вычислите коэффициент теплопередачи и определите, какое термическое сопротивление является лимитирующим. Предложите способ интенсификации теплопередачи. Задача. На трубопровод наружным диаметром 32 мм наложена изоляция толщиной 30 мм с $\lambda_{\text{из}} = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Внутренний коэффициент теплоотдачи α_1 очень велик, наружный $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Определите линейный коэффициент теплопередачи k_l и проверьте, не превышает ли диаметр изоляции критический. 6. Классификация тепломассообменного оборудования
--	--

26. Приведите классификацию теплообменных аппаратов по принципу действия. Укажите основные признаки каждого типа.
27. Опишите устройство и принцип работы рекуперативного теплообменника. В каком оборудовании систем теплоснабжения они используются?
28. Что такое регенеративный теплообменник? Объясните, за счёт чего происходит передача теплоты от горячего теплоносителя к холодному. Приведите пример использования регенеративных теплообменников в теплотехническом оборудовании. Каковы их достоинства и недостатки по сравнению с рекуперативными?
29. Охарактеризуйте смесительные (контактные) теплообменники. Как в них передаётся теплота и одновременно может происходить массообмен?
30. Назовите виды смесительных аппаратов, применяемых в системах теплоснабжения (например: деаэраторы, градирни). Поясните их рабочую функцию.

Практическое задание. Приведите примеры рекуперативных и регенеративных теплообменников, применяемых в котельных установках. Для каждого примера укажите среду (горячий и холодный теплоносители).

Задание на чтение схемы. На предложенной схеме кожухотрубного водоводяного подогревателя покажите движение греющей и нагреваемой воды, укажите расположение трубного пучка и корпуса. В каком пространстве целесообразно пропускать воду с большим давлением?

Анализ эксплуатационной ситуации. При пуске пароводяного теплообменника необходимо сначала заполнить его водой со стороны нагреваемой среды, а затем подавать пар. Обоснуйте это требование с позиции теплообмена и предотвращения гидроударов.

7 Поверхности нагрева котла

31. Перечислите основные группы поверхностей нагрева парового (водогрейного) котла по их назначению.
32. Какие поверхности котла относят к испарительным? Объясните, почему в них совмещаются процессы передачи теплоты и фазового перехода воды в пар.
33. Опишите условия работы экранных труб топки как испарительных поверхностей. Какие виды тепловых нагрузок (лучистые, конвективные) на них преобладают?
34. Что такое пароперегреватель и для чего он служит? Как можно регулировать температуру перегретого пара, воздействуя на режим теплообмена в пароперегревателе? 49. Сравните радиационные и конвективные пароперегреватели по характеру воспринимаемой теплоты и расположению в газовом тракте котла.
35. Какие поверхности нагрева называются низкотемпературными? Перечислите их названия (экономайзер, воздухоподогреватель).
36. Объясните назначение водяного экономайзера. За счёт чего его применение позволяет повысить КПД котла?

Задача. В конвективном пароперегревателе котла температура газов на входе 950 °С, на выходе 700 °С, температура пара на входе 250 °С, на выходе 400 °С.

Движение теплоносителей – противоток. Определите среднелогарифмический температурный напор (изобразите график изменения температур) и сделайте вывод о движущей силе теплопередачи.

Задача. Экономайзер кипящего типа нагревает воду до температуры насыщения. Тепловая мощность экономайзера 400 кВт, коэффициент теплопередачи 45 Вт/(м²·К). Средний температурный напор между газами и водой составляет 80 °С. Определите требуемую поверхность нагрева экономайзера.

Критерии оценки экзамена

«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено высоко.

«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки.

«Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении теоретических и практических/лабораторных занятий используются следующие педагогические технологии:

№ п/п	Название образовательной технологии (с указанием автора)	Цель использования образовательной технологии	Планируемый результат использования образовательной технологии	Описание порядка использования (алгоритм применения) технологии в практической профессиональной деятельности
1	Диалоговые технологии (В.С. Библер)	Целью диалоговой технологии является диалог как создание диалогического взаимодействия, представляющего о собой близкую естественной деятельности ситуацию, мешающих им	Развитие диалоговой культуры учащегося, предполагающей обогащение коммуникативной компетентности	Технология организации и проведения дискуссии 1.Организационносодержательный этап: -постановка проблемы - осознание трудностей, связанных с обсуждаемой проблемой; актуализация ранее полученных знаний 2.Организационнокоммуникативный этап(организация взаимодействия в подгруппе) - выполнение коллективной задачи - согласованность в обсуждении проблемы и выработанного общего подхода 3.Результативный этап: -переработанная информация для убедительного положения - представление своей точки зрения -выбор и 25 взвешивание подходов к решению 4.Рефлексивный этап: - суммирование, обзор того, что уже обсуждено, и вопросов, подлежащих дальнейшему обсуждению
2	Проблемное обучение (Т. В. Кудрявцев, Кудрявцев В. Т., И. Я. Лернер, М. Н. Скаткин) /проблемная лекция, анализ конкретной ситуации, работы по сбору материала.	создание в учебной деятельности проблемных ситуаций и организация активной самостоятельной деятельности обучающихся по их разрешению	формирование общих и профессиональных компетенций, творческое овладение знаниями, умениями, развиваются мыслительные способности.	Преподаватель создает проблемную ситуацию. Обучающиеся: анализируют проблемную ситуацию, предлагают решение проблемной ситуации проверяют правильности решения

3	Технология сотрудничества/ работа в микрогруппах (авторы Р. и Д. Джонсон, (Баранова Н.М., Змушко А.А.)/ выполнение лабораторных и практических работ.	создать условия для активной совместной учебной деятельности обучающихся в разных учебных ситуациях, создавая условия для развития учащихся способности усвоения нового опыта, вовлекая их в поисковую, групповую или коллективную деятельность.	Формирование социальной активности, критического мышления, формирование профессиональных компетенций	объединения обучающихся в микрогруппы для совместного выполнения определенных заданий.
---	---	--	--	--