Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Матвеев Александр Валерьевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 31.08.2026 23:28:50
Уникальный программный ключ:
287d28879a9eafccca070f6fe8b2fd87c7444eca

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Вологодский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности

_____ А.В.Матвеев

« » 2026 г.

ТЕПЛОМАССООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Направление подготовки: 13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Направленность (профиль): ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Квалификация выпускника: БАКАЛАВР

Форма обучения: ОЧНАЯ

Институт: МАШИНОСТРОЕНИЯ, ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА

Кафедра: ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Вологда

2026 г.

Составитель рабочей программы
зав.кафедрой ЭО, к.т.н., доцент /И.Ю.Сергиевская/

Рабочая программа дисциплины тепломассообменное оборудование предприятий разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Составлена на основании учебных планов направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры электрооборудования

Зав. кафедрой /И.Ю.Сергиевская/

Рабочая программа одобрена на заседании методического совета институтамашиностроения, энергетики и транспорта

Протокол от 21.05.2026 г. №9
Председатель методического совета /А.А.Фролов/

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» является приобретение обучающимися знаний об основных видах тепломассообменно-го оборудования, используемого на промышленных предприятиях, о теплоносителях, применяемых для работы данного оборудования, о конструктивных особенностях тепломассообменного оборудования каждого вида и физических процессах, которые в них происходят, об основных технологических процессах и установках промышленных предприятий, в которых используется тепломассообменное оборудование, а также приобретение практических навыков проведения расчётов тепломассообменного оборудования.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ УЧЕБНОГО ПЛАНА

Дисциплина относится к дисциплинам базового модуля направления обязательной части Блока 1. Дисциплины (модули) учебного плана, изучается в 5 семестре.

Требования к предварительной подготовке обучающегося.

Для освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» как последующей необходимо изучение таких дисциплин, как «Основы современной теплоэнергетики», «Гидрогазодинамика», «Тепломассообмен» и «Системы теплопотребления».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Котельные установки и парогенераторы», «Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике», «Вторичные энергетические ресурсы промышленных предприятий», «Тепловые электрические станции: тепломеханическая часть», «Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий»; проектная практика, технологическая практика и преддипломная практика.

Освоение дисциплины возможно с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» направлено на формирование у обучающегося общепрофессиональной компетенции

ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах в части индикатора

- ОПК-4.7 Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные виды и классификацию тепломассообменного оборудования;
- основные виды теплоносителей, их свойства и область применения;
- конструктивные особенности тепломассообменного оборудования каждого вида;

- физические процессы, происходящие в тепломассообменных устройствах;
- основные технологические процессы и установки промышленных предприятий, в которых используется тепломассообменное оборудование;
- виды расчётов тепломассообменного оборудования и порядок их проведения;

уметь:

- рассчитывать и подбирать тепломассообменное оборудование;

владеть / быть в состоянии продемонстрировать:

- навыки применения знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках;
- навыки проведения расчётов тепломассообменного оборудования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / МОДУЛЯ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 ЗЕТ (180 часов), в том числе в семестрах:

Семестр №	Трудоёмкость							РГР, курсовая работа, курсовой проект	Форма промежуточной аттестации
	Всего		Контактная работа			СРС	Контроль		
	ЗЕТ	час.	час.			час.	час.		
			Лк.	Пр.	Лаб.				
5	5	180	32	20	–	92	36	курсовой проект	экзамен

№	Наименование разделов и тем / вид занятия	Семестр / курс	Кол-во часов	Индикаторы достижения компетенций	Форма текущего контроля
1	**Тема 1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий**				
	Лекция 1. Краткое обоснование важности дисциплины, задачи курса, связь с другими дисциплинами. Назначение тепломассообменного оборудования теплоэнергетических (ТЭУ) и теплотехнологических (ТТУ) установок, его влияние на работу установок в целом. Место и роль тепломассообменного оборудования предприятия. Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования промышленных предприятий. Теоретические основы рабочих процессов тепломассообменного оборудования	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 1		4		
2	**Тема 2. Виды и методы расчёта теплообменного оборудования**				
	Лекция 2. Методологические основы комплексного анализа тепломассообменного оборудования. Математическое описание процессов тепло- и массообмена в теплообменных элементах теплообменников. Инженерные методы расчёта теплообменного оборудования	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 2		6		

№	Наименование разделов и тем / вид занятия	Семестр / курс	Кол-во часов	Индикаторы достижения компетенций	Форма текущего контроля
3	**Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты непрерывного действия**				
	Лекция 3. Основные виды промышленных теплоносителей, их свойства и область применения, до- стоинства и недостатки. Конструктивные, режимные и комбинированные методы интенсификации теплообмена. Коэффициенты совершенства теплообменного оборудования. Конструкции теплообменников, достоинства, недостатки их и область применения. Классификация рекуперативных теплообменников. Методика теплового расчёта	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Практическое занятие 1. Расчёт ТМО на примере рекуперативного трубчато - ребристого теплообменника		2		Контрольная работа
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 3 и подготовка к контрольной работе		8		
	Практическое занятие 2. Контрольная работа №1		2		–
4	**Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты периодического действия**				
	Лекция 4. Регенеративные теплообменные аппараты периодического действия: конструктивные особенности, принцип действия, режимы эксплуатации. Регенеративные теплообменные аппараты с неподвижной и подвижной насадками. Методика теплового расчёта	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Практическое занятие 3. Расчёт ТМО на примере регенеративного теплообменного аппарата		2		Контрольная работа
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 4 и подготовка к контрольной работе		8		
	Практическое занятие 4. Контрольная работа №2		2		–
5	**Тема 5. Смесительные теплообменные аппараты**				
	Лекция 5. Классификация контактных (смесительных) теплообменников. Газожидкостные и жидкостно - жидкостные аппараты. Их конструкции, принцип действия, режимы эксплуатации. Основы теплового расчёта. Теплообменники для утилизации теплоты дымовых газов теплогенерирующих установок	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Практическое занятие 5. Расчёт ТМО на примере смесительного теплообменного аппарата		2		Контрольная работа
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 5 и подготовка к контрольной работе		8		
	Практическое занятие 6. Контрольная работа №3		2		–
6	**Тема 6. Выпарные и кристаллизационные установки**				
	Лекция 6. Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки: принцип действия, основные конструкции аппаратов: – аппараты с естественной и принудительной циркуляцией раствора, пленочные аппараты и аппараты с погружными горелками. Тепловые схемы установки; физико - химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 6		4		

№	Наименование разделов и тем / вид занятия	Семестр / курс	Кол-во часов	Индикаторы достижения компетенций	Форма текущего контроля
7	**Тема 7. Сушильные установки**				
	Лекция 7. Механическое обезвоживание. Свойства влажных материалов как объектов сушки. Процесс сушки. Динамика и кинетика сушки. Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Сушка твёрдых дисперсионных материалов. Сушка жидкотекучих материалов	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Практическое занятие 7. Расчёт ТМО на примере сушильной установки		4		Контрольная работа
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 7 и подготовка к контрольной работе		6		
	Практическое занятие 8. Контрольная работа №4		4		–
8	**Тема 8. Перегонные, ректификационные и деаэрационные установки**				
	Лекция 8. Равновесие в системах пар – жидкость. Основные физико - химические свойства жидких смесей. Простая перегонка и ректификация. Перегонные и ректификационные установки: классификация аппаратов, их конструкции и принцип действия. Физико - химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации, фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей, основы кинетики массообмена. Материальный и тепловой расчёт установки. Минимальное и реальное флегмовое число	5/3	4	ОПК-4.7	–
	Самостоятельная работа. Изучение материала лекции 8		4		
9	**Курсовой проект в течение семестра**				
	Самостоятельная работа. Выполнение курсового проекта на тему «Проектирование и расчёт теплового пункта предприятия»	5/3	44	ОПК-4.7	Пояснительная записка и графическая часть
10	**Подготовка к промежуточной аттестации, аттестация**	5/3	36	–	экзамен
	ИТОГО	**–**	**180**	**–**	**–**

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

5.1. Перечень контрольных вопросов и заданий для текущего контроля представлен в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

5.2. Перечень контрольных вопросов и заданий для промежуточной аттестации

5.2.1. Задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена могут включать:

– задания (вопросы) теоретического характера, требующие устного или письменного ответа;

– тесты, проводимые в электронной образовательной среде университета.

Перечень заданий (вопросов) теоретического характера для проведения промежуточной аттестации

1. Назовите назначение и области применения тепломассообменного оборудования в промышленности.
2. Приведите классификацию теплообменных и теплоиспользующих аппаратов и установок.
3. Назовите теплоносители, применяемые в теплообменных аппаратах, их характеристики, преимущества и недостатки.
4. Дайте определение кожухотрубного теплообменного аппарата, опишите его устройство и назовите области применения.
5. Охарактеризуйте секционные теплообменные аппараты, опишите их устройство, назовите область применения, преимущества и недостатки по сравнению с кожухотрубными.
6. Назовите причины температурных деформаций в теплообменных аппаратах и способы их компенсации.
7. Дайте характеристику веществ, применяемых в качестве холодильных агентов, назовите их преимущества и недостатки.
8. Назовите свойства высокотемпературных теплоносителей, и поясните, в каких случаях их рационально применять.
9. Оцените достоинства и недостатки спирального теплообменника по сравнению с кожухотрубным. Чем ограничивается его применение?
10. Приведите последовательность конструктивного расчёта теплообменного аппарата поверхностного типа.
11. Назовите цель и задачи теплового конструктивного и поверочного расчётов теплообменных аппаратов.
12. Составьте и поясните тепловой баланс рекуперативного теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
13. Дайте определение среднего температурного напора для прямоточных, противоточных и сложных схем течения теплоносителей.
14. Приведите уравнение теплопередачи для теплообменного аппарата и поясните методику определения площади поверхности нагрева.
15. Поясните, какие скорости допускаются для жидких и газообразных теплоносителей, не меняющих агрегатного состояния в аппаратах поверхностного типа. Назовите причины ограничения минимальных и максимальных значений.
16. Приведите порядок поверочного расчёта теплообменного аппарата поверхностного типа.
17. Назовите особенности теплового расчёта ребристых теплообменников.
18. Назовите преимущества и недостатки ребристых теплообменников по сравнению с гладкотрубными.
19. Назовите назначение пластинчатых теплообменников, опишите их устройство, укажите области применения, преимущества и недостатки по сравнению с другими типами поверхностных теплообменников.
20. Дайте определения рекуперативного, регенеративного и смесительного теплообменников.

21. Дайте определения коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи для теплообменного аппарата поверхностного типа.

22. Поясните, из каких видов сопротивлений складывается гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата и как определяется мощность на преодоление этого сопротивления.

23. Поясните, как определяется необходимый напор насоса для теплообменников, включенных в систему параллельно.

24. Поясните, как определяется необходимый напор насоса для теплообменников, включенных в систему последовательно.

25. Поясните, в чём заключается особенность расчёта толщины стенки цилиндрического корпуса теплообменника.

26. Назовите назначение водонагревателей - аккумуляторов, опишите их устройство, укажите области применения, достоинства и недостатки.

27. Назовите особенности теплового расчёта рекуперативных аппаратов периодического действия.

28. Сравните технико - экономические показатели водонагревателей - аккумуляторов и аппаратов непрерывного действия.

29. Укажите преимущества и недостатки регенеративных аппаратов с подвижной и неподвижной насадкой по сравнению с рекуперативными теплообменниками.

30. Поясните, в чём заключаются преимущества и недостатки теплообменных аппаратов с кипящим слоем по сравнению с кожухотрубными теплообменниками.

31. Поясните, в чём заключается принцип теплообмена в регенераторах и каково его отличие от теплообмена в рекуператорах?

32. Назовите факторы, по которым производится сравнение и выбор различных типов теплообменных аппаратов.

33. Опишите процесс охлаждения влажного воздуха в id-диаграмме. Поясните, к чему приводит охлаждение ниже точки росы.

34. Опишите процесс нагрева влажного воздуха в id-диаграмме и поясните методику определения расхода теплоты.

35. Опишите процесс смешения горячего и холодного воздуха в id-диаграмме, поясните методику определения коэффициента смешения, определения параметров смеси.

36. Назовите достоинства и недостатки насадочных и безнасадочных теплообменников.

37. Назовите преимущества и недостатки смесительных теплообменников по сравнению с трубчатыми при нагреве водяным паром.

38. Поясните, какие насадки – из мелких или крупных элементов – имеют бóльшую поверхность в единице объёма, бóльший свободный объём для прохода газа и бóльшее гидравлическое сопротивление при одной и той же высоте слоя.

39. Поясните, в чём заключается сущность процесса выпаривания, назовите его назначение и области применения.

40. Дайте классификацию выпарных аппаратов и установок.

41. Назовите виды температурных депрессий в процессе выпаривания.

42. Приведите схемы многокорпусных выпарных установок, и их сравнительную характеристику.

43. Составьте тепловой баланс выпарного аппарата и поясните методику определения поверхности теплообмена.

44. Поясните, какие типы выпарных аппаратов следует применять для выпаривания кристаллизующихся растворов и какие – для пенящихся.

45. Поясните, в чём заключается сущность процессов дистилляции и ректификации.

46. Дайте сравнительную характеристику ректификационных установок непрерывного и периодического действия.

47. Составьте тепловой баланс и поясните методику определения расхода пара в ректификационной установке непрерывного действия.

48. Назовите способы и опишите схемы, применяемые для разделения многокомпонентных смесей.

49. Поясните, в чём заключается сущность процесса абсорбции, назовите его назначение и области применения.

50. Поясните, в чём заключается сущность процесса адсорбции, назовите его назначение и области применения.

51. Поясните, в чём заключается сущность процесса сушки, назовите его назначение и области применения.

52. Назовите формы связи влаги с материалом.

53. Поясните, что такое равновесная влажность и как она изменяется с повышением и понижением температуры и относительной влажности теплоносителя?

54. Дайте сравнительную характеристику сушки топочными газами и сушки воздухом.

55. Назовите основные способы сушки материалов. Приведите примеры.

56. Дайте классификацию сушильных установок.

57. Назовите пути экономии теплоты в сушильных установках.

58. Поясните, в чём состоит материальный баланс сушильной установки и методика определения количества испаренной влаги.

59. Составьте и поясните тепловой баланс действительной непрерывно действующей сушилки.

60. Опишите процесс построения действительного процесса сушки с однократным использованием воздуха в id-диаграмме.

61. Опишите процесс построения процесса сушки с однократным использованием топочных газов в id-диаграмме.

62. Дайте определение удельных расходов теплоты и воздуха на 1 кг испарённой влаги в сушилке с однократным использованием воздуха.

63. Дайте определение удельных расходов теплоты и смеси топочных газов с воздухом в сушилке с однократным использованием теплоносителя.

64. Назовите отличие действительной сушилки от теоретической.

65. Приведите принципиальную схему барабанной сушилки, назовите характеристики основных её элементов, укажите преимущества и недостатки.

66. Дайте сравнительную характеристику пневмосушилок, распылительных сушилок и сушилок с кипящим слоем.

67. Дайте сравнительную характеристику конвективных туннельных и радиационно-конвективных конвейерных сушилок.

Примеры тестовых вопросов и заданий для проведения промежуточной аттестации в форме тестирования приведены в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

5.2.2. Оценивание уровня сформированности индикаторов компетенций у обучающихся на соответствие их подготовки ожидаемым результатам, описание их показателей, критериев и шкал оценивания в процессе проведения промежуточной аттестации представлено в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

5.3. Курсовой проект

Цель курсового проекта состоит в приобретении обучающимися навыков проектирования теплового пункта предприятия и расчёта его оборудования. Требуется разработать принципиальную схему теплового пункта, выбрать тип и выполнить теплогидравлические расчёты всех подогревателей.

Примерная тематика: «Проектирование и расчёт теплового пункта предприятия».

Курсовой проект включает в себя расчётную и графическую части. Примерный объём пояснительной записки – 40 - 50 стр., примерный объём графической части – 1 лист формата А1.

Требования к оформлению отражены в СТО ВоГУ «Письменные работы. Требования к оформлению».

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / МОДУЛЯ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Библиографическое описание по ГОСТ	**Кол-во экземпляров в НБ ВоГУ**
1	**2**
Рекомендуемая литература 1. Дерюгин, В. В. Тепломассообмен : учебное пособие / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 240 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/145855	ЭБС «Лань»
2. Ларкин, Д. К. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие для вузов / Д. К. Ларкин. – 2-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 246 с. – URL: https://urait.ru/bcode/446682	ЭБС «Юрайт»
3. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие / составитель Л. П. Артамонова. – 3-е изд., доп. – Ижевск : Ижевская ГСХА, 2019. – 156 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/158594	ЭБС «Лань»
4. Таранова, Л. В. Теплообменные аппараты и методы их расчета : учебное пособие / Л. В. Таранова. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2009. – 152 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/28331	ЭБС «Лань»
5. Теплообменные аппараты ТЭС : справочник : в 2 книгах / Ю. А. Кирсанов, Н. Н. Ковальногов, Г. Р. Мингалеева, Н. И. Михеев. – Москва : МЭИ, 2016. – 434 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/72298	ЭБС «Лань»

6.2. Информационное обеспечение

Помимо приведённого выше учебно - методического обеспечения для более подробного изучения материала, рассмотренного в рамках аудиторных занятий и его детализации по отдельным вопросам, а также для самостоятельной работы обучающиеся могут использовать следующие информационные ресурсы:

– электронно - библиотечная система «Университетская библиотека online»: https://biblioclub.ru;

– электронно - библиотечная система «Лань»: https://e.lanbook.com;

– электронная библиотечная система «Юрайт»: https://urait.ru;

– электронно - библиотечная система «Знаниум»: https://znanium.com;

– электронный фонд правовой и нормативно - технической документации «Техэксперт»: http://docs.cntd.ru;

– научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: https://elibrary.ru/defaultx.asp.

6.3. Программное обеспечение

№ п/п	Наименование
1	Операционная система Microsoft Windows
2	Офисные пакеты Microsoft Office / Libre Office
3	Графический редактор nanoCAD

7. МАТЕРИАЛЬНО - ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Перечень основного оборудования
1	Доска аудиторная (меловая / маркерная)
2	Персональный компьютер / ноутбук
3	Мультимедийный проектор
4	Экран настенный