

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Котова Лариса Анатольевна
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 18.03.2023 11:49:00
Уникальный программный ключ:
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
Новотроицкий филиал

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Тепломассообменное оборудование предприятий

Закреплена за подразделением Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Промышленная теплоэнергетика

| | | |
|-------------------------|-----------------|---|
| Квалификация | Бакалавр | |
| Форма обучения | заочная | |
| Общая трудоемкость | 6 ЗЕТ | |
| Часов по учебному плану | 216 | Формы контроля на курсах: экзамен 4 курсовой проект 4 |
| в том числе: | | |
| аудиторные занятия | 24 | |
| самостоятельная работа | 183 | |
| часов на контроль | 9 | |

Распределение часов дисциплины по курсам

| Курс | 4 | | Итого | |
|-------------------|-----|-----|-------|-----|
| | уп | рп | | |
| Лекции | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Лабораторные | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Практические | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Итого ауд. | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Контактная работа | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Сам. работа | 183 | 183 | 183 | 183 |
| Часы на контроль | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Итого | 216 | 216 | 216 | 216 |

Программу составил(и):

к.т.н, доцент, Бушуев А.Н.

Рабочая программа

Тепломассообменное оборудование предприятий

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 05.03.2020 г. № 95о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника , 13.03.01_23_Теплоэнергетика и теплотехника_ПрПТЭ_заоч.rlx Промышленная теплоэнергетика, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 30.11.2022, протокол № 41

Утверждена в составе ОПОП ВО:

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника , Промышленная теплоэнергетика, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 30.11.2022, протокол № 41

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)

Протокол от 09.06.2022 г., №6

Руководитель подразделения доцент, к.п.н. Мажирова Р.Е.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

| | |
|-----|---|
| 1.1 | Целью освоения дисциплины является изучение основных типов теплообменного оборудования предприятий и основы его проектирования. |
| 1.2 | Задачей является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач. |

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| | | |
|------------|---|------|
| Блок ОП: | | Б1.В |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Воздухоподготовка | |
| 2.1.2 | Метрология, сертификация и технические измерения | |
| 2.1.3 | Нагнетатели и тепловые двигатели | |
| 2.1.4 | Основы трансформации теплоты | |
| 2.1.5 | Природоохранные технологии на объектах теплоэнергетики | |
| 2.1.6 | Проектный подход в технике | |
| 2.1.7 | Технология подготовки воды и топлива на объектах теплоэнергетики | |
| 2.1.8 | Гидрогазодинамика | |
| 2.1.9 | Начертательная геометрия и инженерная графика | |
| 2.1.10 | Прикладная механика | |
| 2.1.11 | Учебная практика | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Научно-исследовательская работа | |
| 2.2.2 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.3 | Преддипломная практика | |
| 2.2.4 | Технологические энергоносители предприятий | |
| 2.2.5 | Электроснабжение и оборудование промышленных предприятий | |
| 2.2.6 | Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| |
|--|
| ПК-3: Способен эксплуатировать объекты профессиональной деятельности, в том числе тепловые котлы на твердом, жидком и газообразном топливе; трубопроводы и тепловые сети, а также тепломеханическое оборудование тепловых станций |
| Знать: |
| ПК-3-31 методику проведения расчетов по определению параметров теплообменного оборудования и проектирования технологического оборудования |
| ПК-1: Способен проектировать и конструировать котельные, центральные тепловые и малые теплоцентрали, а также тепловые сети с использованием цифровых технологий |
| Знать: |
| ПК-1-31 методику проектирования теплообменного оборудования предприятий и тепловых электростанций |
| ПК-3: Способен эксплуатировать объекты профессиональной деятельности, в том числе тепловые котлы на твердом, жидком и газообразном топливе; трубопроводы и тепловые сети, а также тепломеханическое оборудование тепловых станций |
| Знать: |
| ПК-3-32 классификацию теплообменных аппаратов, уравнения теплового баланса и теплопередачи |
| ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах |
| Знать: |
| ОПК-3-31 методы сбора и анализа исходных данных для проектирования элементов оборудования и технологических процессов теплообмена |
| ПК-3: Способен эксплуатировать объекты профессиональной деятельности, в том числе тепловые котлы на твердом, жидком и газообразном топливе; трубопроводы и тепловые сети, а также тепломеханическое оборудование тепловых станций |

| |
|--|
| Уметь: |
| ПК-3-У1 анализировать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования. |
| ПК-1: Способен проектировать и конструировать котельные, центральные тепловые и малые теплоцентрали, а также тепловые сети с использованием цифровых технологий |
| Уметь: |
| ПК-1-У1 применять современные расчетные программы при проектировании теплообменного оборудования предприятий и тепловых электростанций |
| ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах |
| Уметь: |
| ОПК-3-У2 применять энергоэффективные технологии при расчете и проектировании теплообменного оборудования |
| ОПК-3-У1 анализировать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования |
| ПК-3: Способен эксплуатировать объекты профессиональной деятельности, в том числе тепловые котлы на твердом, жидком и газообразном топливе; трубопроводы и тепловые сети, а также тепломеханическое оборудование тепловых станций |
| Владеть: |
| ПК-3-В1 навыками проведения тепловых, гидравлических и конструктивных расчетов теплообменного оборудования |
| ПК-1: Способен проектировать и конструировать котельные, центральные тепловые и малые теплоцентрали, а также тепловые сети с использованием цифровых технологий |
| Владеть: |
| ПК-1-В1 цифровыми технологиями в сфере теплообменного оборудования и промышленности |
| ПК-1-В2 навыками проектирования теплообменного оборудования с использованием технической и нормативной документации |
| ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах |
| Владеть: |
| ОПК-3-В1 терминологией в области теплообменного оборудования предприятий |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|--|--|------------|----|--------------------|
| | Раздел 1. Основные положения теплообменного оборудования | | | | | | | |
| 1.1 | Классификация теплообменного оборудования. Рекуперативные теплообменники непрерывного действия. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Регенеративные теплообменники. /Лек/ | 4 | 4 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |
| 1.2 | Тепловой конструктивный расчет рекуперативных, регенеративных и смесительных аппаратов /Пр/ | 4 | 6 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | Р1 |

| | | | | | | | | | |
|---|--|---|----|--|---|--|---------|----|--|
| 1.3 | Исследование работы рекуператора и кожухотрубного теплообменника /Лаб/ | 4 | 2 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | | |
| 1.4 | Подготовка к практическому занятию и лабораторной работе. Выполнение, оформление и подготовка к защите лабораторной работы. Выполнение курсового проекта. /Ср/ | 4 | 90 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ2 | Р1 | |
| Раздел 2. Сушильные и выпарные установки | | | | | | | | | |
| 2.1 | Выпарные, опреснительные и кристаллизационные установки. Перегонные и ректификационные установки. Сушильные установки. Абсорбционные и адсорбционные аппараты. Теплообменники-утилизаторы. Выбор стандартного оборудования. /Лек/ | 4 | 4 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | | |
| 2.2 | Тепловой и материальный баланс выпарных установок. /Пр/ | 4 | 6 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | Р1 | |
| 2.3 | Исследование пластинчатого теплообменного аппарата /Лаб/ | 4 | 2 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | Р3 | |
| 2.4 | Подготовка к практическому занятию и лабораторной работе. Выполнение, оформление и подготовка к защите лабораторной работы. Деаэраторы. Газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные (контактные) теплообменники. Термические производственные тепломассобменные процессы и установки. Подготовка к экзамену. /Ср/ | 4 | 93 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ2,КМ1 | Р1 | |

| | | | | | | | | |
|-----|-------------------------------|---|---|--|---|--|-----|--|
| 2.5 | Проведение экзамена /Экзамен/ | 4 | 9 | ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.2 Л3.1 Л3.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
|-----|-------------------------------|---|---|--|---|--|-----|--|

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|--------|-------------------------|---|---|
| КМ1 | Подготовка к экзамену | ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-В1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Применения и классификация теплообменных аппаратов. 2. Основные конструкции теплообменных аппаратов. 3. Кожухотрубные и секционные теплообменные аппараты. Конструкция и применение. 4. Пластинчатые теплообменники для жидких и газообразных теплоносителей. Конструкции и применение 5. Змеевиковые, спиральные теплообменники. Их конструкции. 6. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах - скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи. 7. Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др. 8. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов. 9. Определение тепловой нагрузки аппарата по градиенту температур теплоносителя на поверхности теплообмена. 10. Последовательность теплового, конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника. 11. Эффективность теплообменника. Ее физический смысл. Число единиц переноса. 12. Последовательность расчета теплообменника методом E - N. 13. Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена. 14. Оребренные трубчатые теплообменники. Конструкции и применение Характеристики оребрения. Технология оребрения. 15. Эффективность оребрения. Эффективность оребренной поверхности. Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей. 16. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках. Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя. 17. Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена) 18. Рекуперативные теплообменники периодического действия с водяным и паровым подогревом. Определение времени нагрева теплоносителя. 19. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей. Определения количества переданного тепла. Ограничения на работу тепловых труб. Теплообменные аппараты на тепловых трубах. 20. Регенеративные теплообменные аппараты Их основные конструкции. Преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными. 21. Изменение температур насадки регенератора. Коэффициент аккумуляции насадки. Температурный гистерезис. 22. Коэффициент теплопередачи регенеративного теплообменника. Сравнение тепловой эффективности регенератора и рекуператора. |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>23. H-d диаграмма влажного воздуха. Вид основных процессов обработки воздуха в H-d диаграмме.</p> <p>24. Вид основных процессов обработки воздуха в смесительных теплообменниках в H-d диаграмме.</p> <p>25. Аппараты влажного воздуха. Их расчет при помощи коэффициента влаговываждения.</p> <p>26. Соотношение Льюиса и уравнение Меркеля Их применение для расчета теплообменных аппаратов влажного воздуха.</p> <p>27. Конструкции смесительных теплообменников. Тепловой и материальный баланс смесительных теплообменников.</p> <p>28. Последовательность построения процесса обработки воздуха в смесительных теплообменниках Средняя разность температур в смесительных теплообменниках.</p> <p>29. Последовательность расчета полых и насадочных скрубберов.</p> <p>30. Системы оборотного водоснабжения. Их назначение и классификация.</p> <p>31. Сравнительная характеристика основных типов градирен.</p> <p>32. Конструкция вентиляторной градирни и аппарата воздушного охлаждения Выбор расчетной температуры и влажности атмосферного воздуха.</p> <p>33. Применение выпарных установок. Схемы и конструкции выпарных установок.</p> <p>34. Принцип действия выпарных аппаратов. Материальный и тепловой баланс выпарной установки Определение количества пара на выпарку.</p> <p>35. Располагаемая и полезная разность температур в выпарных установках. Типы депрессий в выпарных установках, их вычисление.</p> <p>36. Последовательность расчета однокорпусной выпарной установки.</p> <p>37. Особенности расчета средней разности температур и коэффициента теплоотдачи в греющей камере выпарного аппарата.</p> <p>38. Области применения сушильных установок Периоды сушки материалов Равновесное и критическое влагосодержание.</p> <p>39. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки Сушильные агенты.</p> <p>40. Кинетика сушки. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах.</p> <p>41. Материальный конвективной сушильной установки Составляющие теплового баланса сушильной установки. Теоретическая сушилка.</p> <p>42. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей Определения количества переданного тепла Ограничения на работу тепловых труб.</p> <p>43. Процессы перегонки и ректификации. Их применение. Отличие процессов выпарки и перегонки</p> <p>44. Типы смесей жидких компонентов. Закон Рауля.</p> <p>45. Диаграммы растворов жидких смесей.(P-x, t-x,y, x-y- диаграммы). Их построение и назначение</p> <p>46. Простая, непрерывная и многократная перегонка Схемы установок и изображение процессов в t-x.y диаграмме.</p> <p>47. Схема и принцип работы ректификационной установки. Материальный баланс ректификационной установки.</p> <p>48. Флегмовое число. Минимальное флегмовое число. Определение числа тарелок в ректификационных колоннах.</p> |
|--|--|--|---|

| | | | |
|-----|------------------------|---|--|
| КМ2 | Самостоятельная работа | ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-В1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по рекомендуемым значениям коэффициентов теплоотдачи. 2. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по заданной эффективности и известной зависимости $E=f(N)$. 3. Найти эффективность теплообменного аппарата по известному тепловому балансу. 4. Определить степень оребрения по геометрии ребер. 5. Определить коэффициент теплопередачи со стороны оребренной и неоребренной поверхности. 6. Найти КПД ребра и КПД оребренной поверхности по известным характеристикам ребер и коэффициенту теплоотдачи. 7. Определить перепад давлений в теплообменном аппарате. 8. Определить требуемую мощность на прокачку теплоносителя в теплообменном аппарате. 9. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике с влаговыведением. 10. Найти конечное влагосодержание (либо температуру газа) в смесительном теплообменнике из его теплового баланса, считая газ на выходе полностью насыщенным. 11. Найти количество вторичного пара (либо крепкого раствора) в выпарной установке, используя материальные балансы. 12. Найти примерный расход пара на выпарку в одноступенчатой выпарной установке. 13. Определить время сушки материала в первом периоде. 14. Определить время сушки материала во втором периоде. |
|-----|------------------------|---|--|

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

| Код работы | Название работы | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы |
|------------|---|---|--|
| P1 | Курсовой проект "Тепловой и гидравлический расчет теплообменного аппарата" | ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-В1 | <p>Тип аппарата и исходные параметры выдаются преподавателем индивидуально по вариантам.</p> <p>Расчетно-пояснительная записка курсового проекта должна содержать:</p> <p>Титульный лист</p> <p>Задание на курсовой проект</p> <p>Содержание</p> <p>Введение</p> <p>Теоретическая часть (описание функций выбранного агрегата, его сравнительная характеристика с аналогичными объектами)</p> <p>Практическая часть (расчет теплообменного аппарата)</p> <p>Заключение</p> <p>Список использованных источников</p> <p>Приложения</p> |
| P2 | Лабораторная работа №1 "Исследование работы рекуператора и кожухотрубного теплообменника" | ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1 | |
| P3 | Лабораторная работа №2. Исследование работы пластинчатого теплообменника | ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1 | |

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен. Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в письменной форме.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Национальный исследовательский технологический университет
 «МИСиС»
 Новотроицкий филиал

Кафедра электроэнергетики и электротехники

БИЛЕТ № 0

Дисциплина: «Тепломассообменное оборудование предприятий»

Направление: 13.03.01

Форма обучения: заочная

Форма проведения экзамена: письменная

1. Применения и классификация теплообменных аппаратов.
2. Определить степень оребрения по геометрии ребер.

Дистанционно экзамен может проводиться в LMS Canvas. Экзаменационный тест содержит 30 заданий. На решение отводится 30 минут. Разрешенные попытки - одна.

Образец заданий для экзамена, проводимого дистанционно в LMS Canvas (ПК-3-31,У1,В1; УК-1-31,У1,В1; УК-3-31,У1,В1):

1. При кипении жидкости на поверхности твердого тела наиболее интенсивный рост значений коэффициента теплоотдачи наблюдается в области:
 - естественной конвекции
 - критической точки
 - пленочного режима
 - пузырькового режима
2. В критериальном уравнении конвективного теплообмена для турбулентного течения жидкости в трубах, в отличие от уравнения для ламинарного течения, отсутствует:
 - критерий Рейнольдса
 - критерий Прандтля
 - критерий Нуссельта
 - критерий Грасгофа
3. Расчет конвективного теплообмена в замкнутом пространстве производят с помощью:
 - эквивалентного коэффициента теплоотдачи
 - эквивалентного коэффициента теплопроводности
 - эквивалентного коэффициента теплопередачи
 - эквивалентного коэффициента температуропроводности
4. В критериальном уравнении конвективного теплообмена отношение $(Pr_j/Pr_{ст})^{0,25}$ учитывает:
 - свободную конвекцию
 - направление теплового потока
 - поправку на начальный участок
 - физические свойства жидкости
5. При использовании критериальных уравнений, полученных В. П. Исаченко для расчета конвективного теплообмена в пучках труб, за определяющий размер принимают:
 - длину трубы;
 - наружный диаметр трубы
 - внутренний диаметр трубы
 - эквивалентный диаметр межтрубного пространства
6. Существуют следующие физически элементарные способы передачи теплоты:
 - конвекция
 - теплопроводность
 - лучистый теплообмен, конвекция, теплопроводность
7. Температурное поле – это:
 - совокупность значений температур во всех точках рассматриваемого тела в данный момент времени
 - совокупность значений температур во начальных точках рассматриваемого тела в данный момент времени
 - совокупность значений температур во начальных точках рассматриваемого тела в начальный момент времени
8. Температурный градиент – это вектор, направленный:
 - по вертикали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры
 - по вертикали к изотермической поверхности в сторону убывания температуры
 - по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры
9. Передача теплоты при непосредственном соприкосновении тел или внутри твердого тела, обусловленная тепловым движением микрочастиц, называется:
 - теплопроводностью
 - конвекция
 - лучистый теплообмен
10. Изотермические поверхности:
 - пересекаются
 - замыкаются на себя
 - не замыкаются на себя
11. При поперечном омывании одиночного цилиндра наибольшее значение коэффициента теплоотдачи наблюдается:
 - в лобовой части (при значении угла $\varphi = 0$)
 - в кормовой части (при значении угла $\varphi = 180$)

- в боковой части (при значении угла $\varphi = 90$)
- не изменяется по поверхности при любом значении угла φ
12. При ламинарном течении жидкости в трубах коэффициент теплоотдачи изменяется по длине канала при условии:
- $l/d > 50$
- $l/d \leq 50$
- $l/d < 50$
- $l/d \geq 50$
13. При пленочной конденсации пара в случае ламинарного движения пленки конденсата теплообмен осуществляется путем:
- конвекции и теплопроводности
- теплопроводности
- теплоотдачи
- теплопередачи
14. Если коэффициент теплоотдачи третьего ряда коридорного пучка труб принять за 100%, то коэффициент теплоотдачи второго ряда этого пучка составит:
- 80%
- 85%
- 90%
- 95%
15. Для воздуха критериальное уравнение при любом частном случае конвективного теплообмена в стационарных условиях может быть представлено в виде:
- $Nu = f(Fo)$
- $Nu = f(Re)$
- $Nu = f(Gr)$
- $Nu = f(Pr)$
16. Диффузионное число Нуссельта определяется по формуле:
- $NuD = \beta l * D$
- $NuD = v / D$
- $NuD = l / D$
- $NuD = \beta l / D$
17. Целью поверочного теплового расчета теплообменника является определение:
- площади поверхности теплообмена
- коэффициента теплопередачи
- начальных температур теплоносителей
- конечных температур теплоносителей
- всех вышеперечисленных параметров
18. Под водяным эквивалентом понимают произведение:
- $W = C * G$
- $W = C * (t_2 - t_1)$
- $W = C * t_2$
- $W = k * F * t_{cp}$
19. В схеме установки регенеративных подогревателей питательной воды на ТЭЦ подогреватели низкого давления (ПНД) работают под напором конденсатного насоса, создающего давление воды ...
- более 60 кг/см²
- не выше 16 кг/см²
- более 60 кг/см²
- менее 6 кг/см
20. Трубный пучок в подогревателях сетевой воды изготавливается из ...
- меди
- композиционных материалов
- латуни или стали
- жаропрочной стали
21. Коэффициент теплопередачи k измеряется в следующих единицах:
- Вт/м²
- Вт/(м·С)
- Вт/м
- Вт/(м·К)
- Вт/(м²·К)
- Вт/(м²·С)
22. Для эффективной работы тепловой изоляции необходимо, чтобы критический диаметр:
- был меньше наружного диаметра изоляции
- был меньше внешнего диаметра оголенного трубопровода
- был больше внутреннего диаметра трубопровода
- был больше внешнего диаметра оголенного трубопровода
23. Теплоизоляционными считаются те материалы, коэффициент теплопроводности которых
- $\lambda \geq 0,2$ Вт/(м·С)
- $\lambda > 0,2$ Вт/(м·С)
- $\lambda < 0,2$ Вт/(м·С)

- $\lambda \leq 0,2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{С)}$
24. Линейный коэффициент теплопередачи – это:
- количество теплоты, проходящей через единицу поверхности стенки в единицу времени от горячего к холодному теплоносителю при разности температур между ними в один градус
- тепловой поток, проходящий через один квадратный метр поверхности при разности температур между поверхностью тела и окружающей средой в один градус
- количество теплоты, проходящей через один метр длины трубы в единицу времени от горячего теплоносителя к холодному при разности температур между ними в один градус
- количество теплоты, проходящее в единицу времени через единицу поверхности
25. Для интенсификации процесса теплопередачи осуществляют следующие мероприятия:
- увеличивают температурный напор между теплоносителями
- применяют трубы с оребрением
- увеличивают толщину тепловой изоляции
- применяют материалы с высокими коэффициентами теплопроводности
- уменьшают максимальное термическое сопротивление
- все вышеперечисленные мероприятия
26. Рабочий диапазон среднетемпературных процессов и установок составляет ...
- до 200 °С
- от 150 до 700 °С
- свыше 200 °С
- ниже 300 °С
27. В регенеративных подогревателях питательной воды низкого давления ПНД давление греющего пара принимается, как правило, с таким расчётом, чтобы температура его насыщения превышала температуру воды на выходе на ...
- 20 – 40 °С
- 5 – 10 °С
- 30 – 50 °С
- 40 – 60 °С
28. При охлаждении неограниченной пластины в условиях нестационарного режима необходимо определить вспомогательную переменную μ , которая связана с периодической функцией:
- $y_1 = \cos \mu$
- $y_1 = \sin \mu$
- $y_1 = \text{ctg } \mu$
- $y_1 = \text{tg } \mu$
29. Тепловой поток, проходящий через трехслойную плоскую стенку, будет:
- одинаково для 1-го слоя
- одинаково 2-го слоя
- одинаково 2-го и 3-го слоя
- одинаково для 1-го, 2-го и 3-го слоев
30. Тепловой проводимостью стенки называется:
- отношение коэффициента теплопроводности стенки к ее толщине
- отношение толщины к коэффициенту теплопроводности стенки
- произведение коэффициента теплопроводности стенки и толщины

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка результатов защиты курсового проекта осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Курсовой проект считается выполненным успешно, если при его оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При поведении защиты в форме устного опроса критериями оценки являются:

«Отлично»: Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает глубокие знания вопросов темы; свободно оперирует расчетными данными; легко отвечает на поставленные вопросы.

«Хорошо»: Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает знания вопросов темы; без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

«Удовлетворительно»: Работа содержит расчетную базу, характеризуется наличием отдельных ошибок в расчетах. При защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает полного, аргументированного ответа на заданные вопросы.

«Неудовлетворительно»: Работа не содержит расчетную базу, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях, имеет значительные ошибки в расчетах. При защите студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.

Оценка результатов экзамена осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Экзамен считается пройденным успешно, если при его проведении получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При поведении экзамена в письменной форме критериями оценки являются

«Отлично»: Все вопросы билета изложены полно (в рамках программы курса или лекционного курса) и точно. Способность самостоятельно мыслить, ясно и последовательно излагать содержание ответа, умение обобщать материал, делать выводы. Правильные ответы на дополнительные (проверочные) вопросы в рамках билета. Подробное изложение основных положений ответа в Листе устного опроса.

«Хорошо»: Все вопросы в целом раскрыты, но изложены недостаточно полно (не менее, чем на 80 – 90 %), либо в ответе содержатся неточности (в именах, хронологии, в названии термина при понимании его сути и т.д.). Наличие достаточно подробных записей в Листе устного опроса.

«Удовлетворительно»: Изложение каждого вопроса в не менее, чем на 60 %, грубые ошибки в периодизациях, классификациях, трактовке основных понятий и т.д. Незнание одного из вопросов может быть компенсировано другим вопросом (на усмотрение преподавателя) при соответствующей записи в Листе устного опроса. Непоследовательное изложение материала, неумение делать выводы.

«Неудовлетворительно»: Отсутствие записей в Листе устного опроса, отказ от ответа, подмена одного вопроса другим, наличие шпаргалки. Изложение вопросов менее, чем на 60 %. Незнание основных понятий и положений темы. Неспособность связно изложить материал.

При поведении экзамена в дистанционно в LMS Canvas критериями оценки являются:

«Отлично»: Получение более 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

«Хорошо»: Получение от 75 до 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

«Удовлетворительно»: Получение от 50 до 75 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год, эл. адрес |
|------|------------------------------|--------------------------|------------|------------------------------|
| Л1.1 | О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко | Тепломассообмен: Учебник | | М.: ИНФРА-М, 2013, |
| Л1.2 | под. ред. М.Г. Шатрова | Теплотехника: учебник | | М.: ИЦ "Академия", 2013, |

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год, эл. адрес |
|------|------------------------|--------------------------------------|------------|------------------------------|
| Л2.1 | Под ред. В.Н. Луканина | Теплотехника: Учебник | | М.: Высш. шк., 1999, |
| Л2.2 | Г.Н. Алексеев | Общая теплотехника: Учеб. пособие | | М.: Высш. шк., 1980, |
| Л2.3 | Телегин А.С. | Тепломассоперенос: Учебник для вузов | | М.: Металлургия, 1995, |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год, эл. адрес |
|------|---------------------|---|------------|---|
| Л2.4 | Видин Ю.В. | Теоретические основы теплотехники: тепломассообмен : учебное пособие | | Красноярск : СФУ, 2015, http://biblioclub.ru/index.php? page=book&id=497752 |

6.1.3. Методические разработки

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год, эл. адрес |
|------|---------------------|---|------------|--|
| Л3.1 | С.С. Берман | Расчет теплообменных аппаратов | | , 1962, http://biblioclub.ru/index.php? page=book&id=220685 |
| Л3.2 | Салова Т. Ю. | Перегонные и ректификационные установки: Методические указания | | Санкт-Петербург: Санкт- Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ), 2016, https://biblioclub.ru/index.php? page=book_red&id=445956 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|---|--|
| Э1 | КиберЛенинка | www.cyberleninka.ru |
| Э2 | НФ НИТУ МИСиС | www.nf.misis.ru |
| Э3 | Российская научная электронная библиотека | www.elibrary.ru |
| Э4 | Тепломассообменное оборудование предприятий | https://lms.misis.ru/ |

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|------|---|
| П.1 | WinPro 10 RUSUpgrdOLVNLEachAcademicAP |
| П.2 | Компас 3D V21-22 |
| П.3 | Mathcad 14.0 University Classroom Perpetual |
| П.4 | Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian OLP NL AcademicEdition; |
| П.5 | Microsoft Office Standart 2013 Russian OLP NL AcademicEdition |
| П.6 | Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level |
| П.7 | Micro-Cap 10 Evaluation |
| П.8 | Браузер Google Chrome |
| П.9 | Microsoft Teams |
| П.10 | Zoom |
| П.11 | Браузер Yandex |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

| | |
|-----|---|
| И.1 | https://new.fips.ru/ - Федеральный институт промышленной собственности |
| И.2 | http://window.edu.ru - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В процессе изучения дисциплины выделяют два вида самостоятельной работы: - аудиторная; - внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя. Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа обучающимся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется обучающимся инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные обучающимися работы и т. п. Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности обучающегося. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online (работа в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначена для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Canvas.) и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности. Возможно проведение синхронной работы со студентами с использованием Microsoft Teams или Zoom. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических, лабораторных занятиях.