МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ / Л.А. Марюшин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Тепломассообменное оборудование предприятий»

Направление подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки
Энергообеспечение предприятий

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и средствах проектирования и эксплуатации тепломассообменного оборудования предприятий, испытаний и контроля их теплотехнологических параметров;

– изучение способов повышения эффективности проектирования, расчета и эксплуатации тепломассообменного оборудования предприятий, выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи проектирования и анализа режимов эксплуатации теплоиспользующего оборудования.

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов расчета, проектирования и эксплуатации тепломассообменного оборудования предприятий.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи проектирования и оценки эффективности тепломассообменного оборудования предприятий;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности тепломассообменного оборудования предприятий с учетом технологических, экологических и экономических факторов;

– научить анализировать существующие теплообменные установки и их элементы, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– дать информацию о новых направлениях в совершенствовании тепломассообменного оборудования предприятий в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки их элементов, как отечественных, так и зарубежных;

– научить анализировать результаты моделирования тепломассообменного оборудования предприятий, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла основной образовательной программы бакалавриата.

«Тепломассообменное оборудование предприятий» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части базового цикла:

– Источники и системы теплоснабжения предприятий и ЖКХ;
– Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике;
– Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
– Котельные установки и парогенераторы;
– Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	**знать:** основные методы организации метрологического обеспечения технологических процессов **уметь:** организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования **владеть:** методами организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования
ПК-1	способность разрабатывать мероприятия по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок	**знать:** методы освоения и доводки технологических процессов **уметь:** проводить освоение и доводку технологических процессов **владеть:** методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов

ПК-2	способность к организации и выполнению работ по разработке мероприятий по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок	**знать:** • методы проведения работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования в организации; • методы проведения профилактических осмотров и текущего ремонта оборудования **уметь:** • обеспечивать проведение работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования в организации; • проводить профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования **владеть:** • методами проведения работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования в организации; • навыками проведения профилактических осмотров и текущего ремонта оборудования

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц, т.е. **180** академических часов (из них 10 часов – лекции, 10 часов – практические занятия, 160 часов – самостоятельная работа студентов).

Структура и содержание дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Седьмой семестр

Тема 1. **Введение.**

Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смесительные), по виду взаимного движения теплоносителей (прямоточные, перекрестного тока, противоточные), по назначению. Аппараты периодического и непрерывного действия. Классификация теплоиспользующих установок по назначению: выпарные и кристаллизационные, сушильные, перегонные, ректификационные, адсорбционные. Теплоносители, их свойства и характеристики, ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи, рабочие температуры и давления. Рекомендуемые скорости движения основных теплоносителей в теплообменных аппаратах.

Тема 2. **Теплообменное оборудование промышленных предприятий**

Характеристика отраслей промышленности как потребителей теплоты. Нагревание водяным паром. Конденсатоотводчики. Нагревание топочными газами и электрическим током. Охлаждение и конденсация Рекуперативные теплообменные аппараты – классификация, области применения. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты (ТОА). Алгоритм проведения теплового конструкторского расчета кожухотрубчатых ТОА. Методика гидравлического расчета ТОА. Особенности конструкции и расчета оросительных ТОА. ТОА с оребренными поверхностями нагрева. Пластинчатые ТОА – выбор и расчет. Особенности расчета спиральных ТОА. Змеевиковые и эмалированные ТОА. Блочные графитовые ТОА. ТОА из стекла и керамических материалов. Особенности расчета смесительных ТОА. Регенеративные ТОА. Область применения, особенности расчета, типы насадок и засыпок. Регенеративные вращающиеся подогреватели. Аппараты с кипящим слоем, с падающим слоем твердого теплоносителя. Тепловые трубы и термосифоны: принцип действия, преимущества и недостатки, конструктивные исполнения, области применения. Показатели эффективности теплоиспользующих аппаратов и установок. Основы технико-экономической оптимизация теплообменников.

Тема 3. **Сушильные установки**

Назначение и виды обезвоживания. Классификация и основные типы сушильных установок (СУ). Свойства влажных материалов как объектов сушки. Общие сведения о процессе сушки. Конвективные СУ – типы и области применения Барабанные сушилки – принцип работы, насадки, узлы крепления, вспомогательные устройства и аппараты. Распылительные сушилки. Выбор сушильного агента. Методика выбора исходных данных для расчета конвективных СУ. Статический расчет сушилки графоаналитическим методом. Особенности расчета СУ аналитическим методом. Статический расчет СУ на топочных газах. Определение габаритов сушильных камер барабанных СУ. Расчет и выбор сушилок с кипящим слоем. Проектирование и выбор вспомогательных устройств и оборудования СУ. Перспективы развития сушильной техники.

Тема 4. **Опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки**

Физические основы процесса выпаривания. Свойства растворов. Область применения выпарных установок (ВУ), их классификация, теплотехнологические схемы и конструкционные особенности. Исходные данные для проектирования ВУ. Материальный баланс и компоновка ВУ. Располагаемая и полезная разности температур, распределение полезной разности температур по ступеням. Физико-химическая, гидростатическая и гидравлическая (гидродинамическая) температурные депрессии. Тепловой расчет ВУ и основных ее элементов. Расчет и выбор вспомогательных устройств ВУ. Адиабатные ВУ. ВУ с погружными горелками. Алгоритм расчета МВУ на ЭВМ. Основы оптимизации энергоиспользования в

выпарных установках.

Тема 5. **Перегонные и ректификационные установки**

Общие сведения о перегонке и ректификации. Физико-химические свойства бинарных смесей. Особенности процессов кипения и конденсации бинарных смесей. Область применения ректификационных установок (РУ) и особенности использования. Схемы организации контакта фаз, крепление контактных устройств. Характеристика и особенности тарелочных устройств РУ. Теоретические положения расчета РУ. Материальные балансы. Уравнения рабочих линий. Флегмовое число и его оптимальное значение. Ректификация азеотропов, особенности и методики осуществления. Принципиальная тепловая схема РУ. Основное и вспомогательное оборудование РУ. Перегонка с водяным паром. Процессы в перегонных и ректификационных установках и их изображение на фазовой диаграмме и диаграмме равновесия для бинарных смесей. Перегонные установки: принцип работы и основы расчета. Насадки – типы, характеристика, области применения. Оросители, каплеуловители (отбойники), внутренние опорные конструкции. Особенности работы дефлегматора и регенератора теплоты кубовой жидкости. Методы расчета числа теоретических тарелок. КПД тарелок и определение действительного числа тарелок РУ. Определение основных размеров ректификационной колонны. Тепловые балансы теплообменных аппаратов ректификационной установки. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды. Алгоритм расчета и оптимизации ректификационной установки на ЭВМ. Энергосбережение в ректификационных установках.

Тема 6. **Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования**

Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Фильтры. Сепараторы. Назначение и основные виды конденсатоотводчиков, принцип действия. Оборудование для перемещения газов и жидкостей, его виды и характеристики. Выбор вспомогательного оборудования. Основы подбора и расчета стандартного оборудования. Главные производители тепломассообменного оборудования в России и за рубежом. Порядок выбора оборудования из каталогов. Поверочный расчет тепломассообменного оборудования.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой

с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза и на мощностях предприятий-партнеров;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам современного проектирования тепломассообменного оборудования предприятий, а также эффективных методов эксплуатации промышленного теплоиспользующегооборудования.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия практического типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Тепломассообменное оборудование предприятий» (индивидуально для каждого обучающегося);

- тестирование.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита отчетов по практическим заданиям.

Образцы тестовых заданий, заданий расчетных работ, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах
ПК-1	способность разрабатывать мероприятия по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок
ПК-2	способность к организации и выполнению работ по разработке мероприятий по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-3 – способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено) или отсутствие сформированности компетенции	**Оценка «удовлетворительно» (зачтено) или низкой уровень освоения компетенции**	**Оценка «хорошо» (зачтено) или повышенный уровень освоения компетенции**	**Оценка «отлично» (зачтено) или высокий уровень освоения компетенции**
знать: Основные методы организации метрологического обеспечения технологических процессов	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: Основные методы организации метрологического обеспечения технологических процессов	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Основные методы организации метрологического обеспечения технологических процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: Основные методы организации метрологического обеспечения технологических процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности,	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: Основные методы организации метрологического обеспечения технологических процессов,

		знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	затруднения при аналитических операциях.	свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: Организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: Организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: Организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: Организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования . Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: Методами организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы	Обучающийся владеет методами организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования в неполном объеме,	Обучающийся частично владеет методами организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования,	Обучающийся в полном объеме владеет методами организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых

работы технологического оборудования	технологического оборудования	допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	методов контроля режимов работы технологического оборудования, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-1 - способность разрабатывать мероприятия по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок				
знать: Методы освоения и доводки технологических процессов	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы освоения и доводки технологических процессов, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: Проводить освоение и доводку технологических процессов	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проводить освоение и доводку технологических	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: проводить	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: проводить освоение и	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: проводить освоение и доводку технологических процессов. Свободно оперирует

	процессов	освоение и доводку технологических процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	доводку технологических процессов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: Методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов	Обучающийся владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-2 - способность к организации и выполнению работ по разработке мероприятий по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок				
знать:	Обучающийся	Обучающийся	Обучающийся	Обучающийся

Методы проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: Обеспечивать проведение типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет обеспечивать проведение типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: обеспечивать проведение типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: обеспечивать проведение типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: обеспечивать проведение типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

			новые, нестандартные ситуации.	
владеть: Методами проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ	Обучающийся владеет методами проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами проведения типовых, плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем

заданий на семинарских занятиях, выступили с докладом на семинарском занятии)

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Удовлетворительно	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Григорьев Б.А., Тепломассообмен: учебник для вузов [Электронный ресурс]: учеб. / Григорьев Б.А., Цветков Ф.Ф.. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2011. — 562 с.

2. Козлов В.Г. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — Москва: ТУСУР, 2012. — 15 с.

3. Цветков О.Б. Термодинамики и теплопередача: Метод. указания к контрольным работам для студентов. [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / О.Б. Цветков, Ю.А. Лаптев. — Электрон. дан. — СПб.: НИУ ИТМО, 2008. — 52 с.

4. Примеры и задачи по тепломассообмену [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.С. Логинов [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 256 с.

5. Таранова Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. — 152 с.

б) дополнительная литература:

1. Бакланова В.Г. Теплообменные аппараты низкотемпературных установок и систем термостатирования. Часть 1. «Аппараты трубчатого и пластинчато- ребристого типов» [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Г. Бакланова, Ю.А. Шевич. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 68 с.

2. Цветков О.Б. Расчет горизонтального кожухотрубного испарителя холодильной установки [Электронный ресурс] / О.Б. Цветков, Ю.А. Лаптев, Г.Л. Пятаков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2008. — 31 с.

3. Федоров К.М. Процессы и аппараты пищевых производств. Курсовое проектирование. Ч. 2. Выпарные установки [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / К.М. Федоров, Ю.Н. Гуляева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2014. — 40 с.

4. Липин А.Г. Энергосбережение в сушильных установках [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Иваново: ИГХТУ, 2012. — 48 с.

5. Щитов С.В., Самарина Ю.Р., Краснощёкова Т.А., Шарвадзе Р.Л., Капустина Н.А. Обоснование конструктивно-режимных параметров инфракрасной сушильной установки. Дальневосточный аграрный вестник, 2017. №4

6. Расчет рекуперативного парожидкостного теплообменного аппарата [Электронный ресурс]: метод. указ. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2017. — 48 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_nr=50&p_rubr=2.2.75.27.7&p_page=3

http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-laboratornoy-ustanovki-po-spetsialnosti-promyshlennaya-teploenergetika

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная учебная лаборатория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2406, оснащенная лабораторными установками:

- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)»;
- «Определение коэффициента теплопередачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Мультимедийная аудитория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2404, АВ2415, оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.), экспериментальная котельная на базе ОАО ВТИ (на основании Договора о сотрудничестве) с системой КИП и автоматики.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Марюшин Л.А., Сенникова О.Б., Савельев И.Л. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы». – М.: Изд-во Московского политеха, - 46 с.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» имеет своей целью ознакомить студентов с достижениями в области прикладной теплоэнергетики, добиться уяснения ими основных методов проектирования, моделирования и эксплуатации теплоиспользующего оборудования, порядка их применения, привить им практические навыки использования этих знаний к конкретным производственным ситуациям.

Преподавание дисциплины осуществляется в соответствии с ФГОС ВО.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности теоретических и практических занятий вследствие более четкой их организации преподавателем, создания целевых установок по каждой теме, систематизации материала по курсу, взаимосвязи тем курса, полного материального и методического обеспечения образовательного процесса.

Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

− рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

− методические указания и пособия;

− контрольные задания для закрепления теоретического материала;

− электронные версии федеральных законов, учебников и методических указаний для выполнения практических работ и самостоятельной работы бакалавров.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется изложение лекционного материала с элементами обсуждения.

В качестве методики проведения практических занятий можно предложить

1. Семинар – обсуждение существующих точек зрения на проблему и пути ее решения.

2. Тематические доклады, позволяющие вырабатывать навыки публичных выступлений.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется проведение письменного опроса (тестирование) магистров по материалам лекций и практических работ. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию бакалавров при конспектировании лекционного материала.

Для освоения навыков поисковой и исследовательской деятельности бакалавр пишет контрольную работу или реферат по выбранной (свободной) теме.

Лекции проводятся в основном посредством метода устного изложения с элементами проблемного подхода и беседы.

Семинарские занятия могут иметь разные формы (работа с исследовательской литературой, анализ данных нормативной и справочной литературы, слушание докладов и др.), выбираемые преподавателем в зависимости от интересов бакалавров и конкретной темы.

Самостоятельная работа бакалавра включает в себя элементы реферирования и конспектирования научно-исследовательской литературы, подготовки и написания научных текстов, отработку навыков устных публичных выступлений.

Проверка качества усвоения знаний в течение семестра осуществляется в устной форме, путем обсуждения проблем, выводимых на семинарах и письменной, путем выполнения бакалаврами разных по форме и содержанию работ и заданий, связанных с практическим освоением содержания дисциплины. Бакалавры демонстрируют в ходе проверки умение анализировать значимость и выявлять специфику различных проблем и тем в рамках изучаемой дисциплины и ее компонентов, знание научной и учебно-методической литературы. Текущая проверка знаний и умений бакалавров также осуществляется через проведение ряда промежуточных тестирований.

Итоговая аттестация по дисциплине предполагает устный зачет или экзамен, на которых проверяется усвоение материала, усвоение базовых понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и профилю «Энергообеспечение предприятий».

Авторы

Профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
д.т.н., профессор С.Д. Корнеев

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП Е.А. Чугаев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

	Раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реф.	К/р	Э	З
	Седьмой семестр													
Тема 1	**Лекция.** Введение	7	1			20								
	Семинарское занятие	7		1										
Тема 2	**Лекция.** Теплообменное оборудование промышленных предприятий	7	2			30					+			
	Семинарское занятие	7		2										
Тема 3	**Лекция.** Сушильные установки	7	2			30								
	Семинарское занятие	7		2										
Тема 4	**Лекция.** Опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки	7	2			30								
	Семинарское занятие	7		2										
	Выборочный приемочный и текущий контроль.	7										+		
Тема 5	**Лекция.** Перегонные и ректификационные установки	7	2			30					+			
	Семинарское занятие	7		2										
Тема 6	**Лекция.** Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования	7	1			20								
	Семинарское занятие	7		1										
	Форма аттестации	**7**											**Э**	
	Всего часов по дисциплине в седьмом семестр	**180**	**10**	**10**		**160**								

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ОП (профиль): «Энергообеспечение предприятий»
Форма обучения: заочная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Тепломассообменное оборудование предприятий»

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Тепломассообменное оборудование предприятий					
ФГОС ВО **13.03.01 Теплотехника и теплоэнергетика**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-3	способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	**знать:** основные методы организации метрологического обеспечения технологических процессов **уметь:** организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования **владеть:** методами организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Зачет, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	**Базовый уровень:** способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с организацией метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования. **Повышенный уровень:** способен формулировать задания на разработку нестандартных проектных решений, связанных с организацией метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования с их последующим анализом

		технологического оборудования			
ПК-1	способность разрабатывать мероприятия по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок	**знать:** методы освоения и доводки технологических процессов **уметь:** проводить освоение и доводку технологических процессов **владеть:** методами проведения работ по освоению и доводке технологических процессов	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Зачет, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	**Базовый уровень:** способен к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования **Повышенный уровень:** способность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов по проектам с усложненными условиями, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности нестандартных проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудованияв нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом
ПК-2	способность к организации и выполнению работ по разработке мероприятий по регулировке, наладке тепловых сетей и теплопотребляющих установок	**знать:** • методы проведения работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования в	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Зачет, выполнение расчетной работы по индивидуальному заданию	**Базовый уровень:** способен участвовать в типовых, плановых испытаниях и ремонтах технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работах в стандартных производственных ситуациях **Повышенный уровень:** способен участвовать в типовых,

		организации; • методы проведения профилактических осмотров и текущего ремонта оборудования **уметь:** • обеспечивать проведение работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования в организации; • проводить профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования **владеть:** • методами проведения работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования в организации; • навыками проведения профилактических осмотров и			плановых испытаниях и ремонтах технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работах в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом

		текущего ремонта оборудования			

Приложение 3

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Перечень практических работ по дисциплине

1. Тепловой конструкторский расчет рекуперативного теплообменного аппарата с теплоносителями, не меняющими фазового состояния.
2. Тепловой конструкторский расчет рекуперативного теплообменного аппарата с теплоносителями, меняющими фазового состояния.
3. Оптимизация рекуперативного теплообменника с теплоносителями, меняющими/не меняющими фазовое состояние.
4. Работа с H, x–диаграммой для влажного воздуха: определение параметров, построение процессов тепломассообмена.
5. Расчет действительной сушилки по H, x–диаграмме.
6. Расчет материального и теплового балансов многоступенчатой выпарной установки: схема, физико-химическая, гидростатическая и гидродинамическая температурные депрессии, располагаемая и полезная разности температур.
7. Определение распределения полезной разности температур по корпусам выпарных аппаратов, определение площади теплообменной поверхности греющих камер.
8. Расчёт тарельчатой ректификационной установки: теплотехнологическая схема, материальные балансы, уравнения рабочих линий колонны, расчёт флегмового числа, определение числа тарелок, расчёт размеров ректификационной колонны.
9. Расчёт тепловых балансов теплообменных аппаратов ректификационной установки. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды.

Приложение 4

Примеры задач для семинарских занятий

Задача 1: Обосновать параметры греющего пара, определить его расход и поверхность теплопередачи подогревателя, в котором 5 кг/с жидкости с теплоемкостью 2,4 кДж/(кг·°С) нагревается от температуры 20 °С до температуры 130 °С. Коэффициент теплопередачи равен 500 Вт/(м^2·°С).

Задача 2: Можно ли охладить в противоточном теплообменнике 2 кг/с продукта, имеющего среднюю удельную теплоемкость 2,0 кДж/(кг·°С) с температуры 120 °С до температуры 40 °С, если вода входит с начальной температурой 20 °С, расход ее составляет 0,3 кг/с? До какой предельной температуры можно охладить продукт при заданных расходах и площади поверхности теплообмена стремящийся к бесконечности?

Задача 3: По данным теплотехнических испытаний жидкость в количестве 3,5 кг/с подогревается в теплообменнике от 60 °С до 130 °С. Теплоемкость жидкости 3,2 кДж/(кг·°С). Давление сухого насыщенного пара 0,6 МПа, расход 0,5 кг/с. Определить коэффициент сохранения тепла и действительный коэффициент теплопередачи, если площадь поверхности теплопередачи аппарата 20 м^2.

Задача 4: Давление в корпусах трехкорпусной выпарной установки – 0,33; 0,2; 0,02 МПа. Начальная температура раствора 80 °С, расход 10 т/час, теплоемкость 2,4 кДж/(кг·°С). Определить расходы экстрапара для подогревателей исходного раствора.

Задача 5: Определить количество выпариваемой воды по корпусам трехкорпусной выпарной установки, если расход исходного раствора 4 кг/с, концентрация 10 масс. %. Конечная концентрация 25 масс. %. Отбор экстрапара из первого корпуса 0,4 кг/с, из второго - 0,6 кг/с.

Задача 6: Определить расход пара в кипятильнике ректификационной колонны атмосферного типа для разделения 3 кг/с смеси бензол-толуол, если концентрация бензола в питании 30 масс. %, в ректификате 96 масс. %, в кубовой жидкости 1 масс. %. Теплоемкость толуола 2,0 кДж/(кг·°С), температура кипения 110 °С. Давление греющего пара 0,4 МПа. Ордината полюса исчерпывающей части колонны на тепловой диаграмме составляет - 40 кДж/кг.

Задача 7: Определить расход охлаждающей воды и поверхность теплопередачи дефлегматора ректификационной колонны для разделения 4 кг/с смеси этиловый спирт-вода, если концентрация спирта в питании 15 масс. %, в ректификате 96 масс. %, в кубовой жидкости 0,5 масс. %, удельная

теплота испарения 800 кДж/кг, температура кипения 78 °С. Ордината полюса укрепляющей части колонны на тепловой диаграмме 3360 кДж/кг. Коэффициент теплопередачи в дефлегматоре 600 Вт/(м^2·°С).

Задача 8: Определить размеры противоточной барабанной сушилки, в которой 2 кг/с материала подсушивается от начальной влажности 10% до конечной влажности 1%. Параметры окружающего воздуха: температура 10 °С, относительная влажность 60%. После сушилки: температура 50 °С, относительная влажность 25%. Напряжение сушилки по влаге принять 0,001 кг/(м^3·с).

Задача 9: Определить время сушки в сушилке кипящего слоя, в которой сушится 2,5 кг/с материала от начальной влажности 5% до конечной 0,5%. Температура сушильного агента на входе 120 °С, на выходе 50 °С; материала на входе 20 °С, на выходе 45 °С. Диаметр частиц 3 мм, теплоемкость подсушенного материала 1,4 кДж/(кг·°С), истинная плотность 1500 кг/м^3, коэффициент теплоотдачи от сушильного агента к материалу 30 Вт/(м^2·°С).

Приложение 5

Вопросы для экзамена

1. Характеристика отраслей промышленности как потребителей теплоты. Типы теплообменных аппаратов, теплоносители (достоинства и недостатки, характерные области рационального применения), назначение, классификация, области применения.

2. Нагревание водяным паром. Конденсатоотводчики.

3. Нагревание топочными газами и электрическим током.

4. Охлаждение и конденсация.

5. Рекуперативные теплообменные аппараты – классификация, области применения.

6. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты (ТОА).

7. Алгоритм проведения теплового конструкторского расчета кожухотрубчатых ТОА.

8. Методика гидравлического расчета ТОА.

9. Особенности конструкции и расчета оросительных ТОА.

10. ТОА с оребренными поверхностями нагрева.

11. Пластинчатые ТОА – выбор и расчет.

12. Особенности расчета спиральных ТОА.

13. Змеевиковые и эмалированные ТОА.

14. Блочные графитовые ТОА.

15. ТОА из стекла и керамических материалов.

16. Особенности расчета смесительных ТОА.

17. Регенеративные ТОА. Область применения, особенности расчета, типы насадок и засыпок. Регенеративные вращающиеся подогреватели. Аппараты с кипящим слоем, с падающим слоем твердого теплоносителя.

18. Тепловые трубы и термосифоны: принцип действия, преимущества и недостатки, конструктивные исполнения, области применения.

19. Показатели эффективности теплоиспользующих аппаратов и установок.

20. Основы технико-экономической оптимизация теплообменников.

21. Назначение и виды обезвоживания. Классификация и основные типы сушильных установок (СУ). Свойства влажных материалов как объектов сушки. Общие сведения о процессе сушки.

22. Конвективные СУ – типы и области применения

23. Барабанные сушилки – принцип работы, насадки, узлы крепления, вспомогательные устройства и аппараты.

24. Распылительные сушилки.

25. Выбор сушильного агента.

26. Методика выбора исходных данных для расчета конвективных СУ.

27. Статический расчет сушилки графоаналитическим методом.

28. Особенности расчета СУ аналитическим методом.

29. Статический расчет СУ на топочных газах.

30. Определение габаритов сушильных камер барабанных СУ.

31. Расчет и выбор сушилок с кипящим слоем.

32. Проектирование и выбор вспомогательных устройств и оборудования СУ. Перспективы развития сушильной техники.

33. Физические основы процесса выпаривания. Свойства растворов.

34. Область применения выпарных установок (ВУ), их классификация, теплотехнологические схемы и конструкционные особенности.

35. Исходные данные для проектирования ВУ. Материальный баланс и компоновка ВУ.

36. Располагаемая и полезная разности температур, распределение полезной разности температур по ступеням. Физико-химическая, гидростатическая и гидравлическая (гидродинамическая) температурные депрессии.

37. Тепловой расчет ВУ и основных ее элементов.

38. Расчет и выбор вспомогательных устройств ВУ.

39. Адиабатные ВУ. ВУ с погружными горелками.

40. Алгоритм расчета МВУ на ЭВМ. Основы оптимизации энергоиспользования в выпарных установках.

41. Общие сведения о перегонке и ректификации. Физико-химические свойства бинарных смесей. Особенности процессов кипения и конденсации бинарных смесей. Область применения ректификационных установок (РУ) и особенности использования.

42. Схемы организации контакта фаз, крепление контактных устройств. Характеристика и особенности тарелочных устройств РУ.

43. Теоретические положения расчета РУ. Материальные балансы. Уравнения рабочих линий. Флегмовое число и его оптимальное значение. Ректификация азеотропов, особенности и методики осуществления.

44. Принципиальная тепловая схема РУ. Основное и вспомогательное оборудование РУ. Перегонка с водяным паром.

45. Процессы в перегонных и ректификационных установках и их изображение на фазовой диаграмме и диаграмме равновесия для бинарных смесей. Перегонные установки: принцип работы и основы расчета.

46. Насадки – типы, характеристика, области применения. Оросители, каплеуловители (отбойники), внутренние опорные конструкции.

47. Особенности работы дефлегматора и регенератора теплоты кубовой жидкости.

48. Методы расчета числа теоретических тарелок. КПД тарелок и определение действительного числа тарелок РУ. Определение основных размеров ректификационной колонны.

49. Тепловые балансы теплообменных аппаратов ректификационной установки. Определение расходов греющего пара и охлаждающей воды.

50. Алгоритм расчета и оптимизации ректификационной установки на ЭВМ. Энергосбережение в ректификационных установках.

Приложение 6

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Вклад отечественных ученых в развитие науки и техники тепломассообменных установок. Этапы развития и направления совершенствования промышленных тепломассообменных установок.

2. Основные виды и классификация тепломассообменного оборудования, аппаратов и установок промышленных предприятий: основные типы выпускаемых промышленностью стандартных тепломассообменных установок (выпарных, кристаллизационных, опреснительных, перегонных, ректификационных, абсорбционных, адсорбционных, сушильных, градирен, реакционных и др.). Их назначение, классификация и общая характеристика.

3. Рекуперативные теплообменные аппараты непрерывного и периодического действия: конструкции стандартных рекуперативных теплообменников (кожухотрубчатых, типа «труба в трубе», оросительных, змеевиковых, емкостных, пластинчатых, спиральных, пластинчато-ребристых, углеграфитовых). Их сравнительные характеристики. Уравнения для расчёта теплообмена и гидродинамики в рекуперативных теплообменниках.

4. Регенеративные теплообменные аппараты с неподвижной и подвижной насадками: конструкции стандартных смесительных теплообменных аппаратов. Уравнения для их расчёта.

5. Опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки: теплотехнологические схемы выпарных установок с аппаратами поверхностного типа (прямоточные, противоточные, с параллельным и смешанным питанием, с отбором экстрапара; с конденсатором, с противодавлением, с ухудшенным вакуумом; с тепловыми насосами; одно- и двухстадийные; с погружными горелками). Опреснительные установки - назначение, особенности методики расчета, типовые технологические схемы. Кристаллизационные установки: назначение, принцип действия, физико-химические и термодинамические основы процессов кристаллизации, основные теплотехнологические схемы, конструкции аппаратов. Конструкции и работа вспомогательного оборудования выпарных установок, сепараторов и брызгоотделителей, подогревателей раствора, конденсаторов. Конструктивное исполнение и принцип работы стандартных конденсатоотводчиков, выпускаемых промышленностью.

6. Перегонные и ректификационные установки: сорбционные процессы и установки. Уравнения абсорбции и процессы на диаграмме равновесия у-х. Схемы абсорбционных установок и конструкции абсорберов. Адсорбция и адсорбенты. Схемы адсорбционных установок и конструкции адсорберов.

Приложение 7

Варианты тестовых заданий

1) По цикличности работы теплоиспользующие установки можно подразделить на:

1. машины непрерывного и ограниченного действия;
2. машины периодического и постоянного цикла;
3. машины периодического и непрерывного действия; +
4. машины замкнутого и открытого контура.

2) Используют два основных способа нагревания раствора:

1. обогревание «острым паром» и «глухим паром»; +
2. нет правильных ответов;
3. обогревание «острым паром» и «влажным паром»;
4. обогревание «перегретым паром» и «глухим паром».

3) В конвективных и контактных сушильных машинах в качестве греющего теплоносителя используют водяной пар давлением:

1. 0,3—0,9 МПа;
2. 0,3—0,7 МПа;
3. 0,4—0,8 МПа;
4. 0,3—0,8 МПа. +

4) Теплоносителем называют вещество, служащее:

1. для доставки теплоты к потребителю без потерь;
2. для доставки теплоты от источника к потребителю; +
3. нет правильных ответов;
4. для доставки энергии от источника к потребителю.

5) Единицей объема теплоносителя должно переноситься:

1. некоторое количество теплоты;
2. рациональное количество теплоты;
3. максимальный объём теплоты;
4. максимальное количество теплоты. +

6) Плотность теплоносителя должна быть:

1. наибольшей; +
2. оптимальной;
3. наименьшей;
4. равна 1000 кг/м^3.

7) Удельная (на единицу массы) энтальпия теплоносителя у источника и потребителя должна:

1. нет правильных ответов;
2. изменяться максимально; +
3. изменяться качественно;
4. изменяться соответственно теплофизическим законам;

8) В процессе подвода и отвода теплоты должны быть обеспечены:

1. максимальные значения коэффициента теплоотдачи; +
2. максимальные значения коэффициента теплопередачи;

3. максимальные значения коэффициента теплопроводности;
4. максимальные значения коэффициента термодиффузии.
9) Теплоноситель должен позволять производить доставку теплоты:
1. нет правильных ответов;
2. на высоком температурном уровне;
3. на оптимальном температурном уровне;
4. на необходимом температурном уровне. +
10) Теплоноситель должен позволять:
1. регулировать уровень давления;
2. регулировать уровень температуры; +
3. регулировать расход;
4. регулировать параметры.
11) Рабочее давление теплоносителя по возможности должно быть:
1. близко к избыточному;
2. близко к адиабатному;
3. близко к атмосферному; +
4. близко к техническому давлению в системе.
12) Теплоноситель должен быть термостойким, т.е.:
1. не разлагаться при рабочих температурах; +
2. нет правильных ответов;
3. не разлагаться при максимальных температурах;
4. не разлагаться при высоких температурах.
13) Теплоноситель должен иметь:
1. низкую агрессивность;
2. высокую химическую активность;
3. низкую химическую активность; +
4. низкую способность к дисперсии.
14) Теплоноситель должен быть:
1. нет правильных ответов;
2. непластичен;
3. нетоксичен; +
4. негигроскопичен.
15) Недостатком воды является ограниченный верхней уровень температуры:
1. при обычно используемых на производстве давлениях до 120°С;
2. при обычно используемых на производстве давлениях более 90°С;
3. при обычно используемых на производстве давлениях до 150°С; +
4. при обычно используемых на производстве давлениях до 140°С.
16) Горячую воду транспортируют по трубопроводам на расстояния:
1. до 20 км; +
2. до 10 км;
3. нет правильных ответов;
4. до 7 км.
17) Снижение температуры воды в хорошо теплоизолированном трубопроводе:

1. не превышает 1°С на 1 км; +
2. не превышает 1К на 1 км;
3. не превышает 1°С на 1 м;
4. не превышает 0,1°С на 1 км.

18) Водяной пар имеет:
1. нет правильных ответов;
2. сравнительно невысокую вязкость и приемлемую плотность; +
3. сравнительно невысокую вязкость и высокую плотность;
4. высокую вязкость и приемлемую плотность.

19) Абсолютному давлению 0,2 МПа соответствует температура насыщенного пара:
1. 120 °С; +
2. 110 °С;
3. 109 °С;
4. 115 °С.

20) Абсолютному давлению 0,5 МПа соответствует температура насыщенного пара:
1. 154 °С;
2. 142 °С;
3. 152 °С; +
4. нет правильных ответов.

21) Абсолютному давлению 1 МПа соответствует температура насыщенного пара:
1. 180 °С; +
2. 170 °С;
3. 182 °С;
4. 168 °С.

22) Для теплоснабжения оборудования обычно используют водяной пар давлением:
1. 0,3—0,8 МПа;
2. 0,1—0,4 МПа;
3. 0,3—0,4 МПа; +
4. 0,2—0,6 МПа.

23) Транспортировку пара осуществляют, как правило, на расстояния:
1. до 6 км;
2. нет правильных ответов;
3. до 8 км;
4. до 5 км. +

24) Рекомендуемые скорости транспортировки перегретого водяного пара:
1. 30—75 м/с; +
2. 30—65 м/с;
3. нет правильных ответов;
4. 32—78 м/с.

25) Рекомендуемые скорости транспортировки насыщенного водяного пара:

1. 30—60 м/с;
2. 30—50 м/с; +
3. 40—50 м/с;
4. нет правильных ответов.

26) Теплообменным аппаратом (теплообменником) принято называть:

1. устройство для передачи теплоты от одного теплоносителя к другому; +
2. систему для передачи теплоты от одного теплоносителя к другому;
3. реактор для производства тепловой энергии;
4. устройство для передачи теплоты от теплоносителя к потребителю.

27) Для теплообменников непрерывного действия главным является:

1. режим предварительного нагрева;
2. стационарный режим;
3. режим охлаждения;
4. установившийся режим. +

28) Для теплообменных аппаратов периодического действия основным является:

1. нет правильных ответов;
2. неустановившийся режим; +
3. установившийся режим;
4. режим загрузки сырья.

29) По принципу действия теплообменные аппараты делят на:

1. разделительные и смесительные.
2. поверхностные и сепарационные.
3. поверхностные и внутреннего теплообмена;
4. поверхностные и смесительные. +

30) Поверхностные теплообменные аппараты подразделяют на:

1. рекуперативные и регенеративные; +
2. нет правильных ответов;
3. рекуперативные и регенерационные;
4. рециркуляционные и регенеративные.

31) Обычно регенеративные теплообменники используют для комбинации теплоносителей:

1. газ — вода;
2. газ — газ; +
3. пар — газ;
4. газ — насыщенный пар.

32) Более удобным вариантом для смесительных теплообменников с разделением теплоносителей является комбинация:

1. газ — конденсат;
2. перегретый пар — жидкость;
3. нет правильных ответов;
4. газ — жидкость. +

33) Поверхность теплообмена одной секции используемых в промышленности секционных теплообменников составляет:

1. 0,75—10 м^2;
2. 0,75—30 м^2; +
3. 1,75—3,25 м^2;
4. нет правильных ответов.

34) К разряду секционных относятся теплообменники типа:

1. «труба в канале»;
2. «трубки в кожухе»;
3. нет правильных ответов;
4. «труба в трубе». +

35) Обычно в промышленных кожухотрубных теплообменниках используют трубы с внутренним диаметром:

1. не менее 11 и не более 38 мм;
2. не менее 12 и не более 38 мм; +
3. не менее 12 и не более 36 мм;
4. не менее 10 и не более 30 мм.

36) Возможная длина трубного пучка в промышленных кожухотрубных теплообменниках может составлять:

1. нет правильных ответов;
2. 0,9÷8 м;
3. 0,9÷6 м; +
4. 4÷6 м.

37) Возможная толщина стенок труб в промышленных кожухотрубных теплообменниках может составлять:

1. 0,5÷2,5 мм; +
2. 0,5÷2,7 мм;
3. 0,3÷2,5 мм;
4. 1,5÷2,5 мм.

1. 38) Трубная доска представляет собой:

1. металлический прямоугольник, в котором имеются отверстия для труб с элементами уплотнений;
2. нет правильных ответов;
3. металлический диск, в котором имеются отверстия для прохода теплоносителя;
4. металлический диск, в котором имеются отверстия для труб с элементами уплотнений. +

39) Подогреватели ПВМР выпускаются с плоскими днищами на рабочее давление:

1. 12 кгс/см^2;
2. 10 кгс/см^2; +
3. 0,1 кгс/см^2;
4. 16 кгс/см^2.

40) Подогреватели ПВМР выпускаются с эллиптическими днищами на давление:

1. 18 кгс/см^2;
2. нет правильных ответов;
3. 16 кгс/см^2; +
4. 26 кгс/см^2.

41) Кожухотрубные пароводяные подогреватели типа ППМР работают с давлением пара в корпусе:

1. до 1,6 МПа; +
2. до 2,6 МПа;
3. до 1,8 МПа;
4. нет правильных ответов.

42) Подогреватели ППМР разработаны в двух вариантах:

1. на рабочее давление пара 1,4 и 0,9 МПа;
2. нет правильных ответов;
3. на рабочее давление пара 1,5 и 3,7 МПа;
4. на рабочее давление пара 1,4 и 0,7 МПа. +

43) Блоки из подогревателей поставляются с опорным каркасом:

1. с диаметрами корпусов более 327 мм;
2. с диаметрами корпусов более 315 мм;
3. с диаметрами корпусов более 325 мм; +
4. с диаметрами корпусов более 349 мм.

44) Аппараты собираются в блоки без каркаса:

1. с диаметрами корпусов менее 315 мм;
2. нет правильных ответов;
3. с диаметрами корпусов менее 329 мм;
4. с диаметрами корпусов менее 325 мм. +

45) Площадь поверхности теплообмена может быть определена из уравнения теплопередачи:

1. $Q = \alpha F \Delta t$;
2. $Q = kF\Delta t$; +
3. $Q = kV\Delta t$;
4. $Q = kF\Delta\tau$.

46) Ориентировочное значение коэффициентов теплоотдачи в условиях вынужденного движения воды в рекуперaторе может быть порядка:

1. нет правильных ответов;
2. 4000—8000 Вт/(м^{2}К); +
3. 2000—8000 Вт/(м^{2}К);
4. 4000—6000 Вт/(м^{2}К).

47) Давление с испарителя выбирается таким образом, чтобы обеспечивать:

1. нужную температуру процесса;
2. нет правильных ответов;
3. наиболее низкую температуру кипения;
4. нужную температуру кипения. +