


**ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Утверждено:
на заседании кафедры ТМО
протокол №8 от «20» апреля 2022 г.
Зав. кафедрой

 / Юминов И.П.

Согласовано:
Председатель УМК
Инженерного факультета

 / Баннова А.В.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов

Дисциплина по выбору части,
формируемой участниками образовательных отношений – Б1.В.ДВ.02.02

Программа магистратуры

Направление подготовки

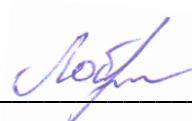
15.04.02 – Технологические машины и оборудование

Направленность (профиль) подготовки

**«Инжиниринг технологического оборудования химических и
нефтехимических производств»**

Квалификация
магистр

Разработчик (составитель)
ст. преподаватель

 / Лобанов М.А.

Разработчик (составитель)
ассистент

 / Гулемова Л.Р.

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Разработчик (составитель): ст. преп. М.А. Лобанов, ассистент Л.Р. Гулемова

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры ТМО протокол № 8 от «20» апреля 2022 г.

Зав. кафедрой _____ / Юминов И.П.



Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	7
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	7
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	8
4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.	8
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.	8
Задания для контрольной работы	Ошибка! Закладка не определена.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	34
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	35
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы	35
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	36

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Подготовка производства и обоснование технологических процессов в области технологического оборудования химических и нефтехимических производств, конструкционных материалов и технологий	ПК-2: Способен разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии	ИДК _{ПК-2.1} знать свойства основных видов загрязнений окружающей среды, их характеристика;	Знать исходные данные к проектированию теплообменного оборудования, теплофизические свойства рабочих сред.
		ИДК _{ПК-2.2} уметь применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий;	Уметь подбирать расчетные методики для стандартных и нестандартных современных теплообменных аппаратов, оптимизировать процесс поверочного расчета аппаратов
		ИДК _{ПК-2.3} владеть методами работы с инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Выполнять тепловые расчеты теплообменных аппаратов различных типов и видов, оптимизировать конструкцию с целью ресурсосбережения и энергоэффективности.
Подготовка производства и обоснование технологических процессов в области технологического оборудования химических и нефтехимических производств, конструкцион	ПК-10 - Способен контролировать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	ИДК _{ПК-10.1} знать параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических	Знать параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней

ных материалов и технологий	<p>процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; виды и причины брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики проведения экспериментов; методики обработки экспериментальных данных; современные САРР-системы, их функциональные возможности для проектирования технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики проведения экспериментов.</p>
	<p>ИДК_{ПК-10.2} уметь использовать данные SCADA-систем для анализа производственной ситуации и выявления причин брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования;</p>	<p>Уметь проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>

		<p>использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по предупреждению и ликвидации брака и изменению в технологических процессах, разработанные специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>сложности.</p>
		<p>ИДК_{ПК-10.3} владеть навыками обработки данных объективного контроля SCADA-систем для выявления причин брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; подготовки предложений по предупреждению и ликвидации брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; внесения с применением САЕ-, САРР-, РДМ-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности и документацию на них.</p>	<p>Владеть навыками внесения с применением САЕ-, САРР-, РДМ-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности и документацию на них.</p>

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, к дисциплине по выбору.

Дисциплина изучается:

- на 2 курсе в 3 семестре для очной и заочной форм обучения;
- на 2 курсе в 4 семестре для очно-заочной формы обучения.

Цель изучения дисциплины - формирование у обучающихся знаний, умений и навыков в проектировании и модернизации теплообменного оборудования. В России широко применяются техника и технологии добычи, переработки и транспортировки нефти и газа. Сюда входит проектирование и поставка крупногабаритного оборудования заказчиком, транспортировка нефти и газа по трубопроводам, обустройство нефтяных месторождений, переработка продуктов из углеводородов, производство высококачественного топлива и т.д. Все это подразумевает большие финансовые затраты. Эта проблема становится особенно актуальной, когда речь заходит об огромной территории страны, нехватки инженерно-технических кадров и сурового погодного климата. Проектирование и изготовление нового перспективного оборудования, способного выполнять те же задачи и работать при тех же условиях, но при этом иметь меньший размер и состоять из более дешевых и надежных материалов, способны решить ряд существующих проблем. В связи с этим должно уделяться много внимания подготовке высококвалифицированных специалистов машино- и аппаратостроительной отрасли.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Для курсового проекта:

ПК-2: Способен разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ИДК _{ПК-2.1} знать свойства основных видов загрязнений окружающей среды, их характеристика;	Знать исходные данные к проектированию теплообменного оборудования, теплофизические свойства рабочих сред.	Не знает: -Основы математического и физического моделирования и методики проведения экспериментов с анализом их результатов.	Знает фрагментарно: -Основы математического и физического моделирования и методики проведения экспериментов с анализом их результатов.	В основном знает: -Основы математического и физического моделирования и методики проведения экспериментов с анализом их результатов.	Уверенно знает: -основные - Основы математического и физического моделирования и методики проведения экспериментов с анализом их результатов.
ИДК _{ПК-2.2} уметь применять современные	Уметь подбирать расчетные методики для стандартных и	Не умеет: -пользоваться методиками и	Умеет частично: -пользоваться методиками и	Достаточно хорошо умеет: -пользоваться	Уверенно умеет: -пользоваться методиками и

методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий;	нестандартных современных теплообменных аппаратов, оптимизировать процесс поверочного расчета аппаратов	нормативно-технической документацией по моделированию технических и технологических процессов при проектировании теплообменной аппаратуры.	нормативно-технической документацией по моделированию технических и технологических процессов при проектировании теплообменной аппаратуры.	методиками и нормативно-технической документацией по моделированию технических и технологических процессов при проектировании теплообменной аппаратуры.	нормативно-технической документацией по моделированию технических и технологических процессов при проектировании теплообменной аппаратуры.
ИДК _{ПК-2.3} владеть методами работы с инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Выполнять тепловые расчеты теплообменных аппаратов различных типов и видов, оптимизировать конструкцию с целью ресурсосбережения и энергоэффективности.	Не владеет: -навыками математического и физического моделирования при разработке современной теплообменной аппаратуры.	Владеет частично: -навыками математического и физического моделирования при разработке современной теплообменной аппаратуры.	Достаточно хорошо владеет: -навыками математического и физического моделирования при разработке современной теплообменной аппаратуры.	Уверенно владеет: -навыками математического и физического моделирования при разработке современной теплообменной аппаратуры.

Для экзамена:

ПК-10: Способен разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии

Код и наименование индикатора	Результаты обучения по	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)

достижения компетенции	дисциплине	(«Не-удовлетворительно»)	(«Удовлетворительно»)		
ИДК _{ПК-10.1} знать параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; виды и причины брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней	Знать параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий	Не знает: параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики	Знает фрагментарно: параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики	В основном знает: параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики	Уверенно знает: параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики

сложности; методики проведения экспериментов; методики обработки экспериментальных данных; современные САРР-системы, их функциональные возможности для проектирования технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	средней сложности; методики проведения экспериментов.	проведения экспериментов.	проведения экспериментов.	проведения экспериментов.	проведения экспериментов.
ИДКПК-10.2 уметь использовать данные SCADA-систем для анализа производственной ситуации и выявления причин брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации	Уметь проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических	Не умеет: проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации	Умеет частично: проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации	Достаточно хорошо умеет: проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при	Уверенно умеет: проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации

<p>автоматизированного проектирования; использовать САЕ-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по предупреждению и ликвидации брака и изменению в технологических процессах, разработанные специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>
<p>ИДКПК-10.3 владеть навыками обработки данных объективного контроля SCADA-систем для выявления причин брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; подготовки</p>	<p>Владеть навыками внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>Не владеет: навыками внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>Владеет частично: навыками внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>Достаточно хорошо владеет: навыками внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>Уверенно владеет: навыками внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>

предложений по предупреждению и ликвидации брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности и документацию на них.	ных изделий средней сложности и документацию на них.	сложности и документацию на них.	сложности и документацию на них.	х изделий средней сложности и документацию на них.	сложности и документацию на них.
--	--	----------------------------------	----------------------------------	--	----------------------------------

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ИДК _{ПК-2.1} знать свойства основных видов загрязнений окружающей среды, их характеристика;	Знать исходные данные к проектированию теплообменного оборудования, теплофизические свойства рабочих сред.	Коллоквиум, реферат, тест, курсовой проект
ИДК _{ПК-2.2} уметь применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий;	Уметь подбирать расчетные методики для стандартных и нестандартных современных теплообменных аппаратов, оптимизировать процесс поверочного расчета аппаратов	Коллоквиум, контрольная работа, курсовой проект
ИДК _{ПК-2.3} владеть методами работы с инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Выполнять тепловые расчеты теплообменных аппаратов различных типов и видов, оптимизировать конструкцию с целью ресурсосбережения и энергоэффективности.	Контрольная работа, курсовой проект
ИДК _{ПК-10.1} знать параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; виды и причины брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики проведения экспериментов; методики обработки экспериментальных данных; современные САРР-системы, их функциональные возможности для проектирования технологических процессов изготовления машиностроительных изделий	Знать параметры и режимы технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; правила эксплуатации средств технологического оснащения, используемых при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления машиностроительных изделий средней сложности; методики проведения экспериментов.	Коллоквиум, реферат, тест

<p>средней сложности.</p> <p>ИДКПК-10.2 уметь использовать данные SCADA-систем для анализа производственной ситуации и выявления причин брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать CAE-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности; оценивать предложения по предупреждению и ликвидации брака и изменению в технологических процессах, разработанные специалистами более низкой квалификации.</p>	<p>Уметь проводить технологические эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов с применением систем автоматизированного проектирования; использовать CAE-системы для моделирования физических явлений, возникающих при реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>Коллоквиум, контрольная работа</p>
<p>ИДКПК-10.3 владеть навыками обработки данных объективного контроля SCADA-систем для выявления причин брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; подготовки предложений по предупреждению и ликвидации брака при изготовлении машиностроительных изделий средней сложности; внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности и документацию на них.</p>	<p>Владеть навыками внесения с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем изменений в технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности и документацию на них.</p>	<p>Контрольная работа</p>

Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

Экзаменационный билет содержит по два вопроса, на которые необходимо ответить письменно и устно. Преподаватель вправе задать один дополнительный вопрос из банка вопросов, либо уточняющие вопросы по соответствующей теме. При устном докладе студенту рекомендуется давать развернутый подробный ответ для подтверждения освоения компетенций по дисциплине.

Перечень вопросов для экзамена:

1. Выразите закон сохранения массы для системы, состоящей из одного компонента для многокомпонентной системы.
2. Приведите уравнение теплового баланса аппарата.
3. Что понимают под плотностью конвективного потока?
4. По каким признакам разделяют материальные балансы?
5. Приведите выражения материальных балансов для стационарных и нестационарных процессов.
6. Гидростатика и гидродинамика, их основные задачи.
7. Сформулируйте понятия идеальной, капельной и упругой жидкостей.
8. Что представляет собой гидростатическое давление?
9. Чем обусловлено торможение движения жидкости у твердой поверхности?
10. Что такое средняя скорость движения жидкости?
11. Укажите физический смысл критерия Рейнольдса? Как это влияет на тепловой и массообмен?
12. Что является потенциалом переноса субстанций?
13. Назовите основное уравнение переноса массы, энергии и импульса.
14. Назовите основные достоинства и недостатки теории подобия и анализа размерностей.
15. В чем проявляется влияние гидродинамической структуры потоков на химико-технологические процессы?
16. Что понимают под средним временем пребывания частиц потока в аппарате. От чего оно зависит и как определяется?
17. Перечислите основные методы перемешивания жидких сред.
18. Что такое суспензия, эмульсия, аэрозоль?
19. Приведите понятия температурного градиента и изотермической поверхности.
20. Что такое аналогии Рейнольдса, Прандтля, Кольборна?
21. В чем состоит различие между процессами конвекции и теплоотдачи?
22. Сопоставьте движущие силы и расходы теплоносителей при прямоточном и противоточном движении теплоносителей в теплообменнике.
23. Перечислите основные достоинства и недостатки нагрева насыщенным водяным паром.
24. Каковы назначение и принцип действия конденсатоотводчиков?
25. Как определяется температура кипения раствора в выпарных аппаратах однокорпусной и многокорпусной выпарных установок?

Образец экзаменационного билета:

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
Инженерный факультет
Кафедра «Технологические машины и оборудование»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

по учебной дисциплине «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов»

Направление: 15.04.02 – Технологические машины и оборудование
Профиль: Инжиниринг технологического оборудования химических и нефтехимических производств

1. Чем обусловлено торможение движения жидкости у твердой поверхности?
2. Что такое средняя скорость движения жидкости?

Утверждено на заседании кафедры _____, протокол № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Критерии оценивания:

для экзамена:

«неудовлетворительно» - не ответил ни на один вопрос правильно;

«удовлетворительно» - правильно ответил на один вопрос из билета;

«хорошо» - правильно ответил на два вопроса из билета;

«отлично» - правильно ответил на два вопроса из билета и на дополнительные вопросы преподавателя по соответствующей теме.

Примеры тем рефератов

1. Виды теплообменных аппаратов. Их применение в промышленности и бытовых нуждах.
2. Современные конструкции теплообменных аппаратов и способы повышения их эффективности.
3. Испарители и конденсаторы. Фазовые переходы.
4. Современные способы теплоизоляции.
5. Свободная и вынужденная конвекции. Конвективные потоки в машинах и аппаратах.

Тесты

Примеры тестов:

1. Какие методы передачи тепла от Солнца к Земле применяются?

- а) За счет теплопроводности;
- б) За счет конвекции;
- в) За счет электромагнитных волн;
- г) За счет гравитации;

2. Что такое удельная теплоемкость вещества?

- а) Количество теплоты, которое необходимо подвести к единице массы вещества, чтобы нагреть его на единицу температуры;
- б) Количество энергии, которую можно преобразовать в теплоту;
- в) Мера необратимого рассеивания энергии вещества;
- г) Количество внутренней энергии для поддержания молекулярной структуры вещества;

3. Что такое конвекция?

- а) Вид теплообмена, при котором тепловая энергия передается путем перемещения вещества в пространстве;
- б) Характер движения потока жидкости или газа, где образуются завихрения и пульсации;
- в) Прогрев металла до высокой температуры для снятия остаточных механических напряжений;

г) Природное явление, при котором образуется град;

4. Что такое теплопроводность?

- а) Способ передачи тепловой энергии от одной части тела к другой или при контакте двух тел посредством передачи энергии от одной частицы к другой;
- б) Способ передачи тепловой энергии путем движения молекул вещества;
- в) Способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформации и разрушения под действием ударной нагрузки;
- г) Отношение кинетической энергии всех молекул вещества к потенциальной энергии их взаимодействия;

5. Что гласит первый закон термодинамики?

- а) Во всех явлениях, происходящих в природе, энергия не возникает и не исчезает. Она только превращается из одного вида в другой, при этом ее значение сохраняется;
- б) Энергия замкнутой системы не постоянна;
- в) Невозможен тепловой вечный двигатель второго рода, т.е. двигатель, совершающий механическую работу за счет охлаждения какого-либо одного тела;
- г) При нагревании или охлаждении изменяются размеры твердых тел и объем жидкостей;

6. Будет ли работать вечный двигатель второго порядка и почему?

- а) Будет, с учетом того, что окружающая среда не будет изменяться;
- б) Не будет, потому что возможен процесс, при котором теплота переходила бы самопроизвольно от тел более холодных к телам более нагретым;
- в) Не будет, поскольку невозможны процессы, единственным следствием которых была бы механическая работа, произведенная за счет охлаждения теплового резервуара;
- г) Будет, ведь существуют случаи, когда процесс не нарушает первый закон термодинамики;

7. Что такое термодинамическое равновесие?

- а) Состояние системы, которое при отсутствии внешних воздействий может сохраняться сколь угодно долго;
- б) Состояние системы, при котором остаются неизменными во времени макроскопические величины этой системы (температура, давление, объём, энтропия) в условиях взаимодействия с окружающей средой;
- в) Состояние системы, при котором происходит самопроизвольное рассеивание тепловой энергии;
- г) Состояние системы, характеризующее способность двух тел в замкнутом пространстве иметь одинаковую температуру;

8. Чем отличаются теплообменники жесткой конструкции от теплообменников с не жесткой конструкцией?

- а) В теплообменниках жесткой конструкции предусматривается возможность некоторого независимого перемещения теплообменных труб и корпуса для устранения дополнительных напряжений и температурных удлинений;
- б) В теплообменниках жесткой конструкции предусматривается возможность жесткого закрепления корпуса с опорами;
- в) В теплообменниках не жесткой конструкции предусматривается возможность некоторого независимого перемещения теплообменных труб и корпуса для устранения дополнительных напряжений и температурных удлинений;
- г) В теплообменниках не жесткой конструкции отсутствует возможность некоторого независимого перемещения теплообменных труб и корпуса для устранения дополнительных напряжений и температурных удлинений;

9. Для чего используют компенсаторы в теплообменнике?

- а) Для уменьшения сопротивления движения потока жидкости в межтрубном пространстве;

- б) Для увеличения площади теплообмена;
- в) Для повышения прочности конструкции;
- г) Для компенсации температурных напряжений;

10. Для чего служат распределительные камеры?

- а) Для повышения прочности конструкции;
- б) Для компенсации температурных напряжений;
- в) Для распределения потока рабочей среды по теплообменным трубам;
- г) Для распределения потока рабочей среды по межтрубному пространству.

Задания для контрольной работы

Произвести тепловой расчет воздухо-воздушного пластинчатого теплообменника, материал поверхностей теплообмена – нержавеющая сталь ($\lambda = 16 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$), толщина разграничивающих пластин $\delta_{nl} = 0,2 \text{ мм}$. Индекс h – соответствует горячему теплоносителю (hot), а индекс c – холодному (could).

Таблица 1

Исходные данные

№ варианта	Горячий теплоноситель				Холодный теплоноситель		
	Расход G_h , кг/с	Давление на входе P_h , Па	Температура на входе T'_h , К	Температура на выходе T''_h , К	Расход G_c , кг/с	Давление на входе P_c , Па	Температура на входе T'_c , К
1	0,21	$8 \cdot 10^5$	601	381	0,71	$0,31 \cdot 10^5$	241
2	0,22		602	382	0,72		242
3	0,23		603	383	0,73		243
4	0,24	$8 \cdot 10^5$	604	384	0,74	$0,31 \cdot 10^5$	244
5	0,25		605	385	0,75		245
6	0,26		606	386	0,76		246
7	0,27		607	387	0,77		247

8	0,28		608	388	0,78		248
9	0,29		609	389	0,79		249
0	0,3		610	390	0,8		250

Недостающие данные принять самостоятельно.

Таблица 2

Варианты для выполнения задачи

№ вар.	По горячему воздуху (см. таб. 4-б)	Направление движения теплоносителей	По холодному воздуху (см. таб. 4-б)	Тип поверхности (см. таб. 4-б)
1	N=2	прямоток	N=3	с жалюзийными ребрами
2	N=1	прямоток	N=5	с треугольными ребрами
3	N=3	противоток	N=4	с прямоугольными ребрами
4	N=1	противоток	N=4	с жалюзийными ребрами
5	N=2	прямоток	N=5	с треугольными ребрами
6	N=1	противоток	N=3	с прямоугольными ребрами
7	N=2	прямоток	N=4	с жалюзийными ребрами
8	N=3	противоток	N=6	с треугольными ребрами

9	N=1	противоток	N=2	с прямоугольными ребрами
0	N=1	противоток	N=3	с жалюзийными ребрами

Методика расчета:

1. Определить температуру холодного воздуха на выходе

$$T_c'' = \frac{G_h C_{ph}}{G_c C_{pc}} (T_h' - T_h'') + T_c'$$

2. Определить среднюю температуру теплоносителя

$$T_c^{cp} = \frac{T_c'' + T_c'}{2} \quad \text{и} \quad T_h^{cp} = \frac{T_h'' + T_h'}{2}$$

3. Найти по справочнику теплофизические свойства теплоносителя (горячего и холодного) при средней температуре и давлении.

4. Необходимо задаться скоростями W теплоносителя.

Для газовых рабочих сред выбрать нужное значение скорости можно на основании таблицы 3

Таблица 3

Значение скорости теплоносителя в зависимости от давления

Диапазон рабочего давления, МПа	Скорость движения теплоносителя, м/с
0,1-0,5	5-30
0,5-2,0	3-5
2,0-20,0	1-3

5. Определить числа Рейнольдса для теплоносителей

$$Re_h = \frac{d_h \rho_h W_h}{\mu_h} \quad \text{и} \quad Re_c = \frac{d_c \rho_c W_c}{\mu_c}$$

где d_h и d_c – это d_e для горячего и холодного теплоносителя соответственно .

6. Определить числа Нуссельта для теплоносителей

Числа Нуссельта для газовых теплоносителей для пластинчатых поверхностей с треугольным профилем оребрения определяется по следующим эмпирическим зависимостям:

1. В области чисел Рейнольдса $200 < Re < 1500$ справедливо соотношение

$$Nu = 1,55 \left(\frac{Pe d_e}{l} \right)^{1/3} \varepsilon_l$$

где Pe – число Пекле;

l – длина трубы; коэффициент, учитывающий изменение коэффициента теплоотдачи по длине трубы $\varepsilon_l = 1,44 - 0,0044l/d_e$ при $20 < l/d_e < 100$, и $\varepsilon_l = 1$ при $l/d_e > 100$.

Критерий Пекле рассчитывается следующим образом

$$Pe = \frac{Wd_e}{a}$$

где d_e определяем по табл. 4-6 в зависимости от теплоносителя;

W – скорость теплоносителя;

$a = \lambda/(c\rho p)$ – коэффициент температуропроводности;

$c\rho$ – теплоемкость при постоянном давлении;

λ – коэффициент теплопроводности воздуха.

Таблица 4

Геометрические характеристики пластинчатых поверхностей теплообмена с гладкими треугольными ребрами

N	b , мм	a , мм	β , м ² /м ³	δ_p , мм	F_p/F_n	d_e , мм
1	1	1	5215	0,05	0,616	0,53
2	3	1,4	3000	0,1	0,78	0,91
3	3,26	3,1	1945	0,1	0,658	1,82
4	4,1	3	1715	0,1	0,717	1,94
5	6	2,8	1400	0,1	0,78	2,05
6	7	4,6	1160	0,15	0,78	2,94

Таблица 5

Геометрические характеристики пластинчатых поверхностей теплообмена с гладкими прямоугольными ребрами

N	b , мм	a , мм	β , м ² /м ³	δ_p , мм	F_p/F_n	d_e , мм
1	2	3	1400	0,3	0,288	1,95

2	4	2	1390	0,15	0,64	2,44
3	4	4	860	0,2	0,418	3,77
4	7,8	2,2	1110	0,3	0,769	2,94

Таблица 6

Геометрические характеристики пластинчатых поверхностей теплообмена с жалюзийными ребрами

N	b , мм	a , мм	β , м ² /м ³	δ_p , мм	F_p/F_n	d_e , мм
1	2,5	5,6	1515	0,1	0,39	2
2	3,2	3,1	1755	0,1	0,64	1,73
3	6,14	9,2	790	0,15	0,57	4,4
4	7	4,6	1160	0,15	0,75	2,94

Критерии оценки:

Отлично:

Оценка «5»

выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета

Хорошо

Оценка «4»

если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов.

Удовлетворительно

Оценка

«3»

если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок, или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух-трех негрубых ошибок, или одной негрубой ошибки и трех недочетов, или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов, плохо знает текст произведения, допускает искажение фактов.

Неудовлетворительно:

Оценка «2»

если студент допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой

может быть выставлено «5» баллов, или если правильно выполнил менее половины работы.

Тематика курсовых проектов

Примеры опросных листов (вариантов) на проектирование кожухотрубчатого теплообменного аппарата:




ОАО "ВНИПнефть"

Теплообменник: свежее сырье/циркуляционное дизельное топливо

№ ДОК. ПОСТАВЩИКА:	3303
№ ДОК. СОБСТВЕННИКА:	2311-014-4100-ОЛ-4100Е0111
ИДЕНТИФИКАЦ. НОМЕРА:	4100Е0111
НОМЕР ЗЦП:	
ЗП №:	
ЛИСТ:	2 ИЗ 4

1	ЗАКАЗЧИК:	"ТАНЕКО"		ПОСТАВЩИК:	
2	НАИМЕН. ПРОЕКТА:	НИЖНЕКАМСКИЙ КОМПЛЕКС НП И НХЗ		МОДЕЛЬ №:	
3	ПРЕДПРИЯТИЕ:	КОМПЛЕКС НП И НХЗ ОАО «ТАНЕКО»		НАЗНАЧЕНИЕ:	Свежее сырье/циркуляционное дизельное топливо
4	ПЛОЩАДКА:	г. Нижнекамск, ТАТАРСТАН, РФ		ТРЕБУЕМОЕ КОЛ-ВО:	ОДИН
5	УСТАНОВКА №:	4100		ОТНОСИТСЯ К:	<input checked="" type="radio"/> ПРЕДЛОЖЕНИЕ <input type="radio"/> ЗАКУПКА <input type="radio"/> В ЗАВОД. ИСПОЛН.
7	РАСЧЕТНАЯ НАГРУЗКА:	Гкал/ч	ПО ТИПУ	800ТПГ-40-М1/25-6-2	ТУ 3612-023-00220302-01
8	КОЭФ. ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ, ПРИ ЭКСПЛУАТ.	ккал/ч·м ² ·°С	ЧИСТЫЙ:	ккал/ч·м ² ·°С	ОРИЕНТАЦИЯ: ГОРИЗОНТ.
9	ОБЩАЯ РАБОЧАЯ ПОВЕРХНОСТЬ:	м ²	КОЛ-ВО КОЖУХОВ НА БЛОК:		РАБОЧАЯ ПОВЕРХНОСТЬ КОЖУХА: м ²
10	СРЕДНЯЯ РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР (РАБОЧАЯ):	°С			
11	СЛУЧАЙ ПРИМ.:	ОПРЕДЕЛЯЮЩ. СЛУЧ. ПРИМ.:			КЦ
12	ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВА				
13			МЕЖТРУБНАЯ ЗОНА		ВНУТРИТРУБНАЯ ЗОНА
14	ЖИДКОСТЬ:	СЫРЬЕ		ЦИРКУЛЯЦИОННОЕ ДИЗ.ТОПЛИВО	
15	ОБЩИЙ РАСХОД:	кг/ч	355388x1.1		975966x1.1
16			ВХОД	ВЫХОД	
17	РАСХОД ЖИДКОСТИ:	кг/ч	355388x1.1	355388x1.1	975966x1.1
18	МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВЕС				
19	ПЛОТНОСТЬ:	кг/м ³	818	809,2	664,5
20	ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ:	ккал/ч·м·°С	0,101	0,1	0,087
21	УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ:	ккал/кг·°С	0,584	0,596	0,681
22	ВЯЗКОСТЬ:	Па·с	0,001116	0,00098	0,000261
23	ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ:	Н/м			0,000268
24					
25	ПОТОК ПАРА:	кг/ч			
26	МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВЕС				
27	ПЛОТНОСТЬ:	кг/м ³			
28	ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ:	ккал/ч·м·°С			
29	УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ:	ккал/кг·°С			
30	ВЯЗКОСТЬ:	Па·с			
31	СКРЫТАЯ ТЕПЛОТА:	ккал/кг			
32					
33	РАСХОД ПАРА:	кг/ч			
34	РАСХОД ВОДЫ:	кг/ч			
35	НЕКОНДЕНСИРУЕМЫЙ ПОТОК:	кг/ч			
36	ТЕМПЕРАТУРА:	°С	202	216	228
37	ДАВЛЕНИЕ (АТМ. = 1,013 бар)	МПа	0,95		0,915
38	ПЕРЕПАД ДАВЛЕНИЯ:	МПа	ДОПУСТИМЫЙ: 0,1	РАСЧЕТНЫЙ:	ДОПУСТИМЫЙ: 0,1
39	СКОРОСТЬ:	м/с			
40	УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ:	м ² ·ч·°С/ккал	0,00041		0,0003
41					
42	ТЕМПЕРАТУРА КОНДЕНСАЦИИ:	°С			
43	ТЕМПЕРАТУРА НАЧАЛА КИПЕНИЯ:	°С			
44	ПРЕДЕЛЫ КИПЕНИЯ:	°С			
45	КРИТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ:	кПа (а)			
46	КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА:	°С			
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					

 ОАО "ВНИПнефть"		Теплообменник: свежее сырье/циркуляционное дизельное топливо		№ ДОК. ПОСТАВЩИКА:	3303					
				№ ДОК. СОБСТВЕННИКА:	2311-014-4100-ОЛ-4100Е0111					
				ИДЕНТИФИКАЦ. НОМЕРА:	4100Е0111					
				НОМЕР ЗЦП:						
				ЗП №:						
		ЛИСТ:	3	ИЗ	4	РЕД.				
1	ЗАКАЗЧИК:	"ТАНЕКО"		ПОСТАВЩИК:						
2	НАИМЕН. ПРОЕКТА:	НИЖНЕКАМСКИЙ КОМПЛЕКС НП И НХЗ		МОДЕЛЬ №:						
3	ПРЕДПРИЯТИЕ:	КОМПЛЕКС НП И НХЗ ОАО «ТАНЕКО»		НАЗНАЧЕНИЕ:	Свежее сырье/циркуляционное дизельное топливо					
4	ПЛОЩАДКА:	г. Нижнекамск, ТАТАРСТАН, РФ		ТРЕБУЕМОЕ КОЛ-ВО:	ОДИН					
5	УСТАНОВКА №:	4100		ОТНОСИТСЯ К:	<input checked="" type="radio"/> ПРЕДЛОЖЕНИЕ <input type="radio"/> ЗАКУПКА <input type="radio"/> В ЗАВОД. ИСПОЛН.					
7	СЛУЧАЙ ПРИМ.:	ОПРЕДЕЛЯЮЩ. СЛУЧ. ПРИМ.								
РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ										
			СО СТОРОНЫ КОЖУХА		С ТРУБНОЙ СТОРОНЫ					
10	РАСЧЕТНОЕ ДАВЛЕНИЕ:	МПа	2.62+FV(4)		2.93+FV(4)					
12	ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ:	кПа								
13	РАСЧЕТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА:	°С	260		275					
14	ЗАПАС НА КОРРОЗИЮ:	мм	3		1					
15	КОЛИЧЕСТВО ХОДОВ:									
16	МИНИМАЛЬНАЯ РАСЧЕТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА МЕТАЛЛА (МРТМ):	°С								
17	СХЕМА ПОТОКА:	ПАРАЛЛ. / ПОСЛЕДОВ.								
КОНСТРУКЦИЯ										
19	ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР КОЖУХА:	мм	ТИП ПЕРЕГОРОДКИ:		ВЕС ПУЧКА И КОЖУХА:					
19	ВНЕШНИЙ ДИАМЕТР КОЖУХА:	мм	КОЛ-ВО ПОПЕРЕЧНЫХ ХОДОВ:		ВЕС ПУЧКА:					
20	ВНЕШНИЙ ДИАМЕТР ТРУБКИ:	мм	ВЫРЕЗ ПЕРЕГОРОДКИ: % ДИАМЕТРА		ВЕС НАПОЛНЕННОГО ВОДОЙ:					
21	ДЛИНА ТРУБКИ:	мм	ЦЕНТР ЗАЗОРА:		# ВХОДНОГО ПАТРУБКА КОЖУХА					
22	КОЛ-ВО ТРУБОК НА КОЖУХ:		ВНУТР./ВНЕШН.: /		ρV ² ВХОДА ПУЧКА:					
23	ТОЛЩИНА ТРУБКИ:	мм	УПЛОТНЕНИЯ ПО ПЕРИМЕТРУ: <input type="checkbox"/> ДА <input type="checkbox"/> НЕТ		ρV ² ВЫХОДА ПУЧКА:					
24	ШАГ ТРУБКИ:	мм	КОЛ-ВО ПАР УПЛОТНЕНИЙ		КЛАСС ПО АИТ: R <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>					
25	КОНФИГУРАЦИЯ ТРУБКИ:	°	УПЛОТНЕНИЯ ХОДОВ: <input type="checkbox"/> ДА <input type="checkbox"/> НЕТ		НЕОБХОДИМАЯ КОДИРОВКА:					
27	СТЫК ТРУБКИ / ТРУБНОЙ РЕШЕТКИ:		КОЛ-ВО УПЛОТНЕНИЙ ХОДОВ:		КОДОВАЯ МАРКИРОВКА: ДА <input type="checkbox"/> НЕТ <input type="checkbox"/>					
28	ЗАЩИТА ОТ УДАРОВ		ДИАМЕТР УПЛОТНЕНИЙ ХОДОВ:		АНИ 660: ДА <input type="checkbox"/> НЕТ <input type="checkbox"/>					
29	ТРУБНЫЙ КОМПЕНСАТОР:		ИЗОЛЯЦИЯ КОЖУХА:		НАЦИОНАЛЬН. УПРАВЛЕНИЕ: ДА <input type="checkbox"/> НЕТ <input type="checkbox"/>					
30	СЪЕМНЫЙ ПУЧОК:		ИЗОЛЯЦИЯ КАНАЛА:		ИСПОЛЬЗ. ОПАСН. ХИМИКАТОВ: ДА <input type="checkbox"/> НЕТ <input type="checkbox"/>					
31	ШТАБЕЛЬНАЯ УКЛАДКА:		ОКРАСКА КОЖУХА:							
32	ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ:		ОКРАСКА КАНАЛА:							
33	СПЕЦ. ЭКСПЛ.:	ВЛ. СЫР. ГАЗ: <input type="checkbox"/>	ЗОНА:	ВОДОРОД: <input type="checkbox"/>	ЗОНА:	ПРОЧ.: ЗОНА:				
МАТЕРИАЛЫ										
35	ТРУБКИ:	СПОКОЙНАЯ УГЛЕРОД.СТАЛЬ			КОЖУХ:	СПОКОЙНАЯ УГЛЕРОД.СТАЛЬ				
36	ТРУБНАЯ РЕШЕТКА:	СПОКОЙНАЯ УГЛЕРОД.СТАЛЬ(2)			КРЫШКА КОЖУХА:					
37	ПЕРЕГОРОДКИ / ОПОРЫ ТРУБ				ФЛАНЕЦ КОЖУХА:					
38	СТЯЖКИ И РАСПОРНЫЕ ВСТАВКИ				КАНАЛ/КРЫШКА:	СПОКОЙНАЯ УГЛЕРОД.СТАЛЬ(2)				
39	ПРОДОЛЬНАЯ ПЕРЕГОРОДКА:				КРЫШКА КАНАЛА:					
40	ПРОКЛАДКА В КОЖУХЕ:				ФЛАНЕЦ КАНАЛА:					
41	ПРОКЛАДКА В ТРУБКЕ:				КРЫШКА ПЛАВАЮЩЕЙ ГОЛОВКИ:					
49	ПРОКЛАДКА КРЫШКИ ПЛАВ. ГОЛОВКИ:				БОЛТОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОЖУХА:					
50	ТЕМП. ТРУБНЫЙ КОМПЕНСАТОР:				БОЛТОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ КАНАЛА:					
51	ОПОРЫ ТЕПЛООБМЕННИКА:				БОЛТ. СОЕД. ПЛАВАЮЩЕЙ ГОЛОВКИ:					
			ШТУЦЕРЫ КОЖУХА		ШТУЦЕРЫ ТРУБОК					
53	ОПИСАНИЕ	КОЛ-ВО	РАЗМ. - НД	НОМИНАЛ	ОБЛИЦОВКА	ОПИСАНИЕ	КОЛ-ВО	РАЗМ. - НД	НОМИНАЛ	ОБЛИЦОВКА
54	ВХОД:	1	250			ВХОД:	1	250		
55	ВЫХОД:	1	250			ВЫХОД:	1	250		
56	СОЕДИНЕНИЕ:					СОЕДИНЕНИЕ:				
57	ВЫПУСК:	1				ВЫПУСК:	1(7)			
58	СЛИВ:	1				СЛИВ:	1(7)			
59	МАНОМЕТР.*					МАНОМЕТР.*				
60	ТЕРМОКАРМАН.*					ТЕРМОКАРМАН.*	1			
62	* КАЖДАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСАДКА					* КАЖДАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСАДКА				
63										
64										
65										
66										
67										
68										



ОАО "ВНИПнефть"

Теплообменник: свежее сырье/циркуляционное дизельное топливо

№ ДОК. ПОСТАВЩИКА:	3303
№ ДОК. СОБСТВЕННИКА:	2311-014-4100-ОЛ-4100Е0111
ИДЕНТИФИКАЦ. НОМЕРА:	4100Е0111
НОМЕР ЗЦП:	
ЗП №:	
ЛИСТ	4 ИЗ 4 РЕВ.

1	ЗАКАЗЧИК:	"ТАНЕКО"	ПОСТАВЩИК:	
2	НАИМЕН. ПРОЕКТА:	НИЖНЕКАМСКИЙ КОМПЛЕКС НП И НХЗ	МОДЕЛЬ №:	
3	ПРЕДПРИЯТИЕ:	КОМПЛЕКС НП И НХЗ ОАО «ТАНЕКО»	НАЗНАЧЕНИЕ:	Свежее сырье/циркуляционное дизельное топливо
4	ПЛОЩАДКА:	г. Нижнекамск, ТАТАРСТАН, РФ	ТРЕБУЕМОЕ КОЛ-ВО:	ОДИН
5	УСТАНОВКА №:	4100	ОТНОСИТСЯ К:	<input checked="" type="radio"/> ПРЕДЛОЖЕНИЕ <input type="radio"/> ЗАКУПКА <input type="radio"/> В ЗАВОД. ИСПОЛН.
6	СЛУЧАЙ ПРИМ.:	ОПРЕДЕЛЯЮЩ. СЛУЧ. ПРИМ.:		
7		ПРИМЕЧАНИЯ		
8				
9				
10		1 ТРЕБУЕТСЯ ИЗОЛЯЦИЯ ОТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ		
11		2 МАТЕРИАЛЬНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ:		
12		КАНАЛ - УГЛЕРОД. СТАЛЬ - 3 ММ		
13		ТРУБНАЯ РЕШЕТКА - УГЛЕРОД. СТАЛЬ + 3 ММ		
14				
15		3 УДАЛЕНО		
16		4 УДАЛЕНО		
17		5 УДАЛЕНО		
18		6 УДАЛЕНО		
19		7. УСТАНОВИТЬ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ШТУЦЕРЕ		
20		8. УДАЛЕНО		
21		9. СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В ПОТОКЕ ПО КОЖУХУ - 3.99% МАСС.		
22		10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЕ И ПРИЕМКУ АППАРАТА ПРОИЗВОДИТЬ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ НА ПОСТАВКУ		
23		ОБОРУДОВАНИЯ		
24		11. СРОК СЛУЖБЫ АППАРАТА - 20 ЛЕТ. ДЛЯ ТРУБНЫХ ПУЧКОВ СРОК СЛУЖБЫ ДОЛЖЕН СОСТАВЛЯТЬ НЕ МЕНЕЕ 8 ЛЕТ.		
25		12. МЕЖРЕМОНТНЫЙ ПРОБЕГ 3 ГОДА		
26		13. МАТЕРИАЛЬНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ АППАРАТА БУДЕТ ПОДТВЕРЖДЕНО ДОПОЛНИТЕЛЬНО		
27		14. КАТЕГОРИЯ СРЕДЫ ТРУБНОГО ПРОСТРАНСТВА ПО ГОСТ 51330.5-99 - IV-T3		
28		15. КЛАСС ОПАСНОСТИ ПО ГОСТ 12.1.007-76 - 4		
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				

Пример решения:

Условия задачи

Таблица 2

№	Наименование	Ед. изм.	Внутритруб. зона	Межтрубная зона
1	Наименование среды	-	Этиленгликоль 36%	Вода
2	Расход жидкости	Кг/ч	22210.6	20291.6
3	Температура 1) на входе 2) на выходе	°С	11 39	64 X
4	Теплофизические свойства рабочих сред	при	25°С	60°С
	плотность	Кг/м ³	1056	983.2
	вязкость	Па*с	0.00245	0.000469
	теплопроводность	Вт/м*°С	0.471	0,659
	теплоемкость	Дж/кг*°С	3630	4179

Данные про свойства воды возьмем из справочников.

КПД теплообменника по условию 95%. Запас поверхности подобрать в интервале 20-40%.

С помощью уравнения теплового баланса (формула 1) находим неизвестную выходную температуру X воды:

$$N = \frac{G_2}{3600} * c_2 * (t_2'' - t_2') = \frac{G_1}{3600} * c_1 * (t_1' - t_1'') + q \quad (1)$$

где N – количество теплоты, Дж;
 $G_{1,2}$ – расход жидкости, Кг/ч;
 $c_{1,2}$ – теплоемкость, Дж/кг*°С;
 t_1', t_2'' - выходные температуры сред, °С;
 t_1'', t_2' - входные температуры сред, °С;
q – тепловые потери, Дж.

$$N = \frac{22210.6}{3600} * 3630 * (39 - 11) = \frac{20291.6}{3600} * 4179 * (64 - X) + q$$

$$N = 6.27 * 10^5$$

$$t_1'' = \frac{N}{G_1 * c_1} + t_1' = \frac{6.27 * 10^5}{\frac{20291.6 * 4179}{3600}} = 37$$

отсюда получаем температуру X воды на выходе равным 37°С.

Используя значение КПД теплообменника найдем значение q:

$$\frac{G_2}{3600} * c_2 * (t_2'' - t_2') = \left(\frac{G_1}{3600} * c_1 * (t_1' - t_1'') \right) * 0.95 + q$$

$$\left(\frac{G_1}{3600} * c_1 * (t_1' - t_1'') \right) * 0.95$$

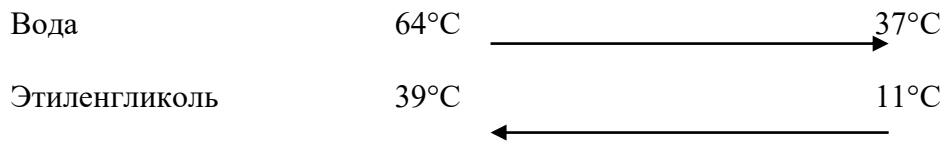
$$\left(\frac{20291.6}{3600} * 4179 * (64 - 37) \right) * 0.95 = 6.04 * 10^5$$

$$\frac{G_2}{3600} * c_2 * (t_2'' - t_2') - \left(\frac{G_1}{3600} * c_1 * (t_1' - t_1'') \right) * 0.95 = q$$

$$\frac{22210.6}{3600} * 3630 * (39 - 11) - \left(\frac{20291.6}{3600} * 4179 * (64 - 37) \right) * 0.95 = 22889.27,$$

отсюда следует, что $q = 22889.27$ Дж, что составляет 3.7% от общего количества теплоты.

Движение жидкостей в теплообменнике должно быть противоположно друг другу, то есть противоток. В этом случае процесс теплопередачи более эффективен:



Затем по формуле 2 находим ΔT_{cp} .

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_{\delta} - \Delta T_{\mathcal{M}}}{\ln \ln \frac{\Delta T_{\delta}}{\Delta T_{\mathcal{M}}}} \quad (2)$$

ΔT_{δ} – наибольшая разница между входной-выходной температурами сред, °C;

$\Delta T_{\mathcal{M}}$ – наименьшая разница между входной-выходной температурами сред, °C.

Для нахождения ΔT_{cp} необходимо вычислить ΔT_{δ} и $\Delta T_{\mathcal{M}}$:

$$\Delta T_{\delta} = 37 - 11 = 26^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\mathcal{M}} = 64 - 39 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{cp} = \frac{26 - 25}{\ln \ln \frac{26}{25}} = 25.5^{\circ}\text{C}$$

Значение диаметра трубок берем согласно ГОСТу 53677-2009: внешний диаметр $d_{\text{внеш}} = 0.016$ м, толщина стенки $\delta = 0.002$ м, внутренний диаметр $d_{\text{вн}} = 0.012$ м.

Для нахождения количества трубок n необходимо подобрать примерное число Рейнольдса Re . Так как нам требуется турбулентный поток, то есть $Re > 4000$, примем $Re = 6000$ и найдем число трубок n по формуле 3:

$$n = \frac{4 * \frac{G_2}{3600}}{\pi * d_{\text{вн}} * \eta_2 * Re} \quad (3)$$

где n – количество трубок, шт;

$G_{1,2}$ – расход жидкости, кг/ч;

π – число Пи;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубок, м;

η_2 – вязкость среды, Па*с;

Re – число Рейнольдса.

$$n = \frac{4 * \frac{22210.6}{3600}}{3.14 * 0.012 * 0.00245 * 6000} = 44.55$$

Возьмем количество трубок равным $n = 45$ шт.

Согласно формуле 4 найдем скорость потока этиленгликоля в трубках:

$$v_2 = \frac{4 * \frac{G_2}{3600}}{\pi * n * d_{\text{вн}}^2 * \rho_2} \quad (4)$$

где v_2 – скорость потока, м/с;

n – количество трубок, шт;

$G_{1,2}$ – расход жидкости, кг/ч;

π – число Пи;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубок, м;

$\rho_{1,2}$ – плотность сред, Кг/м³.

$$v_2 = \frac{4 * \frac{22210.6}{3600}}{3.14 * 45 * 0.012^2 * 1056} = 1.15 \text{ м/с}$$

Найдем число Рейнольдса для этиленгликоля по формуле 5:

$$Re = \frac{v * d * \rho}{\eta} \quad (5)$$

где Re – число Рейнольдса;
 v – скорость потока, м/с;
 d – диаметр сосуда, м;
 ρ – плотность среды, Кг/м³;
 η – вязкость среды, Па*с.

$$Re_2 = \frac{1.15 * 0.012 * 1056}{0.00245} = 5940.57$$

Далее по формуле 6 вычислим число Прандтля для свойств этиленгликоля при 25°C:

$$Pr = \frac{\eta * c}{\lambda} \quad (6)$$

где Pr – число Прандтля;
 η – вязкость среды, Па*с;
 c – теплоемкость среды, Дж/кг*°С;
 λ – теплопроводность среды, Вт/м*°С.

$$Pr_2 = \frac{0.00245 * 3630}{0.471} = 18.88$$

Найдем число Нуссельта для этиленгликоля. Воспользуемся формулой 7:

$$Nu_2 = 0.021 * E_i * Re_2^{0.8} * Pr_2^{0.43} * \left(\frac{Pr_2}{Pr_{2w}}\right)^{0.25} \quad (7)$$

Значение $E_i = 1$, коэффициент 0.021 для турбулентного потока, $\left(\frac{Pr_2}{Pr_{2w}}\right)^{0.25} = 1$ так как жидкость нагревается. Вычисляем число Нуссельта:

$$Nu_2 = 0.021 * 1 * 5940.57^{0.8} * 18.88^{0.43} * 1 = 77.62$$

Вычислили все необходимые параметры для этиленгликоля во внутритрубном пространстве. Приступим к вычислениям параметров для воды в межтрубном пространстве.

Для начала необходимо подобрать внешний диаметр кожуха согласно ГОСТу 53677-2009. Даются такие размеры: 159, 219, 273, 325, 426, 530, 630 мм.

Диаметр внешний подбирается согласно формуле 8:

$$D_{внеш} > 1.5 * d_{вн} * \sqrt{n} \quad (8)$$

где $D_{внеш}$ – внешний диаметр кожуха теплообменника, м;
 $d_{вн}$ – внутренний диаметр трубок, м;
 n – количество трубок, шт.
 Толщина стенки кожуха равна 6 мм.

$$D_{внеш} > 1.5 * 0.012 * \sqrt{45} = 0.1207 \text{ м}$$

Ближайшее большее значение внешнего диаметра 0.159 м. Однако, в целях конструкторской реализации берем $D_{внеш} = 0.219$ м. С учетом толщины стенки кожуха $D_{внутр} = 0.207$ м.

$d_{экв}$ вычисляем по формуле 9:

$$d_{экв} = D_{внутр} - \sqrt{n} * d_{вн} \quad (9)$$

где $D_{внутр}$ – внутренний диаметр кожуха теплообменника, м;
 $d_{вн}$ – внутренний диаметр трубок, м;
 n – количество трубок, шт.

$$d_{экв} = 0.207 - \sqrt{45} * 0.012 = 0.127 \text{ м}$$

Найдем скорость потока воды в кожухе по формуле 10:

$$v_1 = \frac{4 * \frac{G_1}{3600}}{\pi * d_{экв}^2 * \rho_1} \quad (10)$$

где v_1 – скорость потока, м/с;
 n – количество трубок, шт;
 $G_{1,2}$ – расход жидкости, кг/ч;
 π – число Пи;
 $d_{\text{экв}}$ – эквивалентный внутренний диаметр кожуха теплообменника, м;
 $\rho_{1,2}$ – плотность сред, Кг/м³.

$$v_1 = \frac{4 * \frac{20291.6}{3600}}{3.14 * 0.127^2 * 983.2} = 0.456 \text{ м/с}$$

Найдем число Рейнольдса для воды по формуле 5:

$$Re_1 = \frac{0.456 * 0.127 * 983.2}{0.000469} = 1.21 * 10^5$$

Поток турбулентный, так как $Re_1 > 1000$.

Найдем число Прандтля для свойств воды при 60°C по формуле 6:

$$Pr_1 = \frac{0.000469 * 4179}{0.659} = 2.97$$

Так же найдем число Прандтля для свойств воды при 40°C по формуле 6 (данные из справочника):

$$Pr_{1w} = \frac{0.000653 * 4174}{0.635} = 4.29$$

Число Нуссельта для воды находится по формуле 11:

$$Nu_1 = 0.4 * E_i * Re_1^{0.6} * Pr_1^{0.36} * \left(\frac{Pr_1}{Pr_{1w}}\right)^{0.25} \quad (11)$$

где $E_i = 1$, так как теплообменник без перегородок. Коэффициент 0.4 для турбулентного потока. Вычисляем:

$$Nu_1 = 0.4 * 1 * (1.21 * 10^5)^{0.6} * 2.97^{0.36} * \left(\frac{2.97}{4.29}\right)^{0.25} = 605.85$$

С помощью найденных значений числа Нуссельта находим значения коэффициентов теплоотдачи по формуле 12:

$$\alpha = \frac{Nu * \lambda}{d} \quad (12)$$

где $\alpha_{1,2}$ – коэффициенты теплоотдачи, Вт/м²*°С;
 Nu – число Нуссельта;
 λ – теплопроводность среды, Вт/м*°С;
 d – внутренний диаметр сосуда, м.

Для воды:

$$\alpha_1 = \frac{605.85 * 0.659}{0.127} = 3156.1 \text{ Вт/м}^2 * \text{°С}$$

Для этиленгликоля:

$$\alpha_2 = \frac{77.62 * 0.471}{0.012} = 3046.66 \text{ Вт/м}^2 * \text{°С}$$

Материал наших трубок латунь с 60% Cu и 40% Zn со следующим значением теплопроводности при 100°C: $\lambda = 120$ Вт/м*°С.

Находим значение К коэффициента теплопередачи по формуле 13:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (13)$$

где K – коэффициент теплопередачи, Вт/м²*°С;
 $\alpha_{1,2}$ – коэффициенты теплоотдачи, Вт/м²*°С;
 λ – теплопроводность среды, Вт/м*°С;
 δ – толщина стенки трубок, м.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{3156.1} + \frac{0.002}{120} + \frac{1}{3046.66}} = 1511.16 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

Получили все данные для нахождения расчетной площади требуемой поверхности трубок. Вычисляем площадь по формуле 14:

$$F_{расч} = \frac{N}{K \cdot \Delta T_{ср}} \quad (14)$$

где $F_{расч}$ – площадь требуемой поверхности трубок, м²;
 N – количество теплоты, Дж;
 $\Delta T_{ср}$ – средняя разница температур, °C;
 K – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·°C.

$$F_{расч} = \frac{6.27 \cdot 10^5}{1511.16 \cdot 25.5} = 16.28 \text{ м}^2$$

Подбираем конструкторскую площадь поверхности трубок приняв длину l трубок равным 9 м. Вычисляем по формуле 15:

$$F_{констр} = \pi \cdot d_{внеш} \cdot l \cdot n \quad (15)$$

где $F_{констр}$ – конструкторская площадь поверхности трубок, м²;
 π – число Пи;
 $d_{внеш}$ – внешний диаметр трубок, м;
 l – длина трубок, м;
 n – количество трубок, шт.

$$F_{констр} = 3.14 \cdot 0.016 \cdot 9 \cdot 45 = 20.35 \text{ м}^2$$

Запас поверхности вычисляем по формуле 16:

$$\frac{F_{констр}}{F_{расч}} = x \quad (16)$$

$$\frac{20.35}{16.28} = 1.25$$

то есть запас поверхности составляет 25%.

Проверим, поместятся ли трубки в нашем кожухе. Для этого от площади поперечного сечения кожуха отнимем суммарную площадь сечения трубок.

Площадь сечения кожуха:

$$S_{кожух} = \pi \cdot \frac{D_{внутр}^2}{4} = 3.14 \cdot \frac{0.207^2}{4} = 0.034 \text{ м}^2$$

Суммарная площадь сечения трубок:

$$S_{трубки} = \pi \cdot \frac{d_{внеш}^2}{4} \cdot n = 3.14 \cdot \frac{0.016^2}{4} \cdot 45 = 0.009 \text{ м}^2$$

Находим разницу:

$$S = S_{кожух} - S_{трубки} = 0.034 - 0.009 = 0.025 \text{ м}^2$$

Трубки вмещаются в кожух теплообменника заполняя его на 27%.

Описание методики оценивания:

Подготовленная и оформленная в соответствии с требованиями контрольная работа оценивается по следующим критериям:

- достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в контрольной работе проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);
- уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);
- личные заслуги автора контрольной работы (новые знания, которые получены помимо образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

- культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора)
- культура оформления материалов работы (соответствие работы всем стандартным требованиям);
- знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;
- степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всесторонность раскрытия темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);
- качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);
- использование литературных источников.

При положительном заключении работа допускается к защите, о чем делается запись на титульном листе работы.

При отрицательной рецензии работа возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Стоянов Н. И., Смирнов С. С., Смирнова А. В. Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и тепломассообмен: учебное пособие. — Ставрополь: СКФУ, 2014. — 225 с. — ЭВК, ЭБС УБО http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=457750
2. Кудинов И. В., Стефанюк Е. В. Теоретические основы теплотехники: учебное пособие, Ч. I. Термодинамика. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. — 172 с. — ЭВК, ЭБС УБО <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256110>
3. Кудинов И. В., Стефанюк Е. В. Теоретические основы теплотехники: учебное пособие, Ч. II. Математическое моделирование процессов теплопроводности в многослойных ограждающих конструкциях. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. — 422 с. — ЭВК, ЭБС УБО <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256111>
4. Дьяконов В. Г., Лонцаков О. А. Основы теплопередачи: учебное пособие. — Казань: Издательство КНИТУ, 2011. — 230 с. — ЭВК, ЭБС УБО <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258437&sr=1>
5. Теплотехника / Под ред. Шатрова М. Г. — М.: Академия, 2013. — 288 с

Дополнительная литература:

1. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. — М.: Энергия, 1973. — 320 с
2. Яновский А. А. Теоретические основы теплотехники: учебное пособие. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. — 104 с. — ЭВК, ЭБС УБО http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=484962
3. Круглов Г. А., Булгакова Р. И., Круглова Е. С. Теплотехника. — Лань, 2012. — 208 с. — ЭВК, ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3900
4. Лекции по теплотехнике: конспект лекций / Сост. Никитин В. А. — Оренбург: ОГУ, 2011. — 532 с. — ЭВК, ЭБС УБО <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259242&sr=1>

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <http://biblioclub.ru/>
2. <http://e.lanbook.com>
3. www.elibrary.ru
4. www.elib.bashedu.ru
5. www.truboprovod.ru
6. <http://kompas.ru/>

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория №301, аудитория №302 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Лекции	Аудитория № 301 1.Мультимедиа-проектор Epson eb-w06; 2.Lumien Master Picture, 244x183 3. Учебная мебель 4. Доска Аудитория № 302 1.Учебная мебель, 2.Учебно-наглядные пособия 3.Доска 4.Проектор Optoma 5.Настенный Draper Lumien Eco Picture, 180x180
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория №001, (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Практические занятия	1.Ноутбук Packard bell ENT71BM-C36P Celeron N2830/2Gb/320Gb/DVDRW/HD4400 int/15.6/WXGA/1366*768/Lin - 5 шт "2. ПК PowerCool i5-9400/DDR4 8Гб /HDD 1ТВ/450W/ 21.5"" /Клавиатура/Мышь" 3.Насос центробежный АДК-30 фирмы Aquario 4.Малогабаритный кожухотрубчатый теплообменный аппарат с геликоидальным потоком ТПГ159-1,6-20Г-Т-У 5.Лабораторный макет по переработке нефтешлама. 6.Сканер механических напряжений (Магнитоанизотропный Комплекс - 2.05) 7.Низкочастотная виброустановка "Комплекс ВТУ 01МП2" 8.Ультразвуковой технологический комплекс "Шмель - 2" 9.Устройство ультразвуковой ударной обработки с круглым наконечником для установки "Шмель"
Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: аудитория №301 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Групповые и индивидуальные консультации	1.Мультимедиа-проектор Epson eb-w06; 2.Lumien Master Picture, 244x183 3. Учебная мебель 4. Доска
Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория №301 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Текущий контроль и промежуточная аттестация	1.Мультимедиа-проектор Epson eb-w06; 2.Lumien Master Picture, 244x183 3. Учебная мебель 4. Доска
Помещение для самостоятельной работы: аудитория №2 (201) (Физмат корпус – учебное, адрес 3. Валиди, д. 32)	Самостоятельная работа	1. ПК - 10 шт

**ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов» на 2 курс
3 семестр

Очная форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	39.2
лекций	18
практических/ семинарских	18
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	3.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	68.8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	20
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	72

Формы) контроля:
курсовой проект 3 семестр
экзамен 3 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	8	9
1.	Введение. Роль дисциплины в прикладных научных исследованиях и производстве современного оборудования, посвященные процессам теплопередачи. Удельная теплоемкость. Теплопроводность. Свободная конвекция. Вынужденная конвекция. Конвективные потоки.	4	-		4	1, 2, 3 законы термодинамики	Коллоквиум, реферат
2.	Обзор технологических и производственных процессов, где применяются техника и технологии теплопередачи между двумя рабочими средами. Установки нефтегазовых и нефтеперерабатывающих отраслей.	2	-		4	Процессы (подогрев, испарение, конденсация, охлаждение)	Коллоквиум
3.	Роль современного теплообменного оборудования в нефтепереработке. Установка обессоливания и обезвоживания нефти. Установка атмосферной перегонки нефти. Установка гидрокрекинга. Установка каталитического риформинга.	4	2		2	Технологические установки производства нефтепродуктов	Коллоквиум
4.	Виды теплообменных аппаратов. Испарители. Конденсаторы. Холодильники. Подогреватели. Теплообменники.	2	6		10	Контрольные работы	Коллоквиум, контрольная работа
5.	Существующие конструкции	2	6		10	Обзор новых видов	Тест

	кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Линзовый компенсатор. Плавающая головка. U-образные трубы. Другие виды конструкций КТТА.					теплообменников	
6.	Проектирование теплообменных аппаратов. Влияние ламинарного и турбулентного потоков на теплопередачу. Влияние давления на теплопередачу. Внешние факторы. Учет тепловых потерь.	4	4		18.8	Обзор нестандартных теплообменников	Контрольная работа
7.	Курсовой проект				20	Тепловой расчет кожухотрубчатого теплообменного аппарата по техническому заданию заказчика. Дать оптимальную конструкцию аппарата, обеспечить технологичность деталей согласно ГОСТ	
8.	Итоговый контроль - Экзамен						
	Всего часов:	18	18		68.8		

**ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов» на 2
курс 4 семестр

Очно-заочная форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	39.2
лекций	18
практических/ семинарских	18
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	3.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	113.8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	20
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	27

Формы) контроля:
курсовой проект 4 семестр
экзамен 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	8	9
1.	Введение. Роль дисциплины в прикладных научных исследованиях и производстве современного оборудования, посвященные процессам теплопередачи. Удельная теплоемкость. Теплопроводность. Свободная конвекция. Вынужденная конвекция. Конвективные потоки.	4	-		20	1, 2, 3 законы термодинамики	Коллоквиум, реферат
2.	Обзор технологических и производственных процессов, где применяются техника и технологии теплопередачи между двумя рабочими средами. Установки нефтегазовых и нефтеперерабатывающих отраслей.	2	-		10	Процессы (подогрев, испарение, конденсация, охлаждение)	Коллоквиум
3.	Роль современного теплообменного оборудования в нефтепереработке. Установка обессоливания и обезвоживания нефти. Установка атмосферной перегонки нефти. Установка гидрокрекинга. Установка каталитического риформинга.	4	2		10	Технологические установки производства нефтепродуктов	Коллоквиум
4.	Виды теплообменных аппаратов. Испарители. Конденсаторы. Холодильники. Подогреватели. Теплообменники.	2	6		10	Контрольные работы	Коллоквиум, контрольная работа
5.	Существующие конструкции	2	6		20	Обзор новых видов	Тест

	кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Линзовый компенсатор. Плавающая головка. U-образные трубы. Другие виды конструкций КТТА.					теплообменников	
6.	Проектирование теплообменных аппаратов. Влияние ламинарного и турбулентного потоков на теплопередачу. Влияние давления на теплопередачу. Внешние факторы. Учет тепловых потерь.	4	4		23.8	Обзор нестандартных теплообменников	Контрольная работа
7.	Курсовой проект				20	Тепловой расчет кожухотрубчатого теплообменного аппарата по техническому заданию заказчика. Дать оптимальную конструкцию аппарата, обеспечить технологичность деталей согласно ГОСТ	
8.	Итоговый контроль - Экзамен						
	Всего часов:	18	18	-	113.8		

**ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов» на 2
курс 3 семестр

Заочная форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	19.2
лекций	8
практических/ семинарских	8
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	3.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	151.8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	20
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	9

Формы) контроля:
курсовой проект 3 семестр
экзамен 3 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	8	9
1.	Введение. Роль дисциплины в прикладных научных исследованиях и производстве современного оборудования, посвященные процессам теплопередачи. Удельная теплоемкость. Теплопроводность. Свободная конвекция. Вынужденная конвекция. Конвективные потоки.	2	-		20	1, 2, 3 законы термодинамики	Коллоквиум, реферат
2.	Обзор технологических и производственных процессов, где применяются техника и технологии теплопередачи между двумя рабочими средами. Установки нефтегазовых и нефтеперерабатывающих отраслей.	1	-		20	Процессы (подогрев, испарение, конденсация, охлаждение)	Коллоквиум
3.	Роль современного теплообменного оборудования в нефтепереработке. Установка обессоливания и обезвоживания нефти. Установка атмосферной перегонки нефти. Установка гидрокрекинга. Установка каталитического риформинга.	1	-		20	Технологические установки производства нефтепродуктов	Коллоквиум
4.	Виды теплообменных аппаратов. Испарители. Конденсаторы. Холодильники. Подогреватели. Теплообменники.	1	4		20	Контрольные работы	Коллоквиум, контрольная работа
5.	Существующие конструкции	1	-		30	Обзор новых видов	Тест

	кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Линзовый компенсатор. Плавающая головка. U-образные трубы. Другие виды конструкций КТТА.					теплообменников	
6.	Проектирование теплообменных аппаратов. Влияние ламинарного и турбулентного потоков на теплопередачу. Влияние давления на теплопередачу. Внешние факторы. Учет тепловых потерь.	2	4		21.8	Обзор нестандартных теплообменников	Контрольная работа
7.	Курсовой проект				20	Тепловой расчет кожухотрубчатого теплообменного аппарата по техническому заданию заказчика. Дать оптимальную конструкцию аппарата, обеспечить технологичность деталей согласно ГОСТ	
8.	Итоговый контроль - Экзамен						
	Всего часов:	8	8	-	151.8		