


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:
на заседании кафедры ТМО
протокол № 13/1 от «15» апреля 2020 г.
И.о. зав. кафедрой

 / Саитов Р.И.

Согласовано:
Председатель УМК
Инженерного факультета

 / Мельникова А.Я.

СОГЛАСОВАНО:
Зам. гл. директора
АО «Красный пролетарий»
 / М.И. Шарипов



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов

Дисциплина по выбору вариативной части – Б1.В.ДВ.02.02

Программа академической магистратуры

Направление подготовки

15.04.02 – Технологические машины и оборудование

Направленность (профиль) подготовки

«Инжиниринг технологического оборудования химических и
нефтехимических производств»

Квалификация
магистр

Разработчик (составитель)
доцент, к.т.н.

 / Абдеев Э.Р.

Для приема: 2020 г.

Уфа 2020 г.

Разработчики (составитель): , доцент, к.т.н. Абдеев Э.Р.,
ст. преподаватель Шавалеев Э.И

Рабочая программа дисциплины «Теория технологического потока»
утверждена на заседании кафедры ТМО протокол № 13/1 от «15» апреля
2020 г.



И.о.заведующего кафедрой _____ / Сайтов Р.И./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины,
утверждены на заседании кафедры: обновлены билеты и список используемой
литературы протокол № 1 от «16» сентября 2021 г.



И.о.зав. кафедрой _____ / Юминов И.П./

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	8
4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	12
4.2.1 Образцы заданий для проведения контрольной работы	16
4.2.2 Контрольные вопросы для экзамена	18
4.2.3 Примеры экзаменационного билета.....	19
4.2.4 Образцы заданий для проведения текущего контроля.....	19
4.2.5 Образцы тестов для проведения рубежного контроля	21
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	27
5.1 . Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	27
5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины.....	27
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	28
Приложения.....	30

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знать	-методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов; -методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением, САРР-систем.	ПК-20 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов	
	Публикации по тематике исследования.	ПК-21 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований	
Уметь	Использовать методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов; использовать САРР-системы для расчета норм расхода материалов, инструментов, энергии в технологических операциях изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	ПК-20 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов	
	Подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований.	ПК-21 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований	
Владеть (навыки / опыт деятельности)	навыками физического и математического моделирования теплотехнических процессов;	ПК-20 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин,	

	<p>навыками расчета с применением САРР-систем норм времени, материалов, инструментов, энергии на технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов</p>	
	<p>навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований</p>	<p>ПК-21 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований</p>	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Целью учебной дисциплины «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов» является овладение теорией современных численных методов расчёта тепломассообменных процессов; приобретение практических навыков составления программ моделирования тепломассообмена; практическое освоение современных методов оптимизации; формирование навыков применения энергосберегающих принципов и схем организации тепломассообменных процессов, аппаратов и установок при их проектировании или энергетической модернизации.

Дисциплина «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов» относится к вариативной части, к дисциплинам по выбору.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре у очной формы обучения, на 2 курсе во 2, 3 сессии у заочной формы обучения.

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК-20: Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов

ПК-21: способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований

Связь курса с другими дисциплинами:

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Теоретические основы теплотехники и теплопередачи

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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

ПК-20 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций	Не знает: -методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций	Знает фрагментарно: -методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций	В основном знает: -методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций	Уверенно знает: -методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций

	изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением, САРР-систем.				
Второй этап (уровень)	Уметь: - использовать методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, использовать САРР-системы для расчета норм расхода материалов, инструментов, энергии в технологических операциях изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	Не умеет: - использовать методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, использовать САРР-системы для расчета норм расхода материалов, инструментов, энергии в технологических операциях изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	Умеет частично: - использовать методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, использовать САРР-системы для расчета норм расхода материалов, инструментов, энергии в технологических операциях изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	Достаточно хорошо умеет: - использовать методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, использовать САРР-системы для расчета норм расхода материалов, инструментов, энергии в технологических операциях изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	Уверенно умеет: - использовать методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов, использовать САРР-системы для расчета норм расхода материалов, инструментов, энергии в технологических операциях изготовления машиностроительных изделий средней сложности.
Третий этап (уровень)	Владеть: - навыками физического и математического моделирования теплотехнических процессов, навыками расчета с применением САРР-систем норм времени, материалов,	Не владеет: -навыками физического и математического моделирования теплотехнических процессов, навыками расчета с применением САРР-систем норм времени, материалов,	Владеет частично: -навыками физического и математического моделирования теплотехнических процессов, навыками расчета с	Достаточно хорошо владеет: - навыками физического и математического моделирования теплотехнических процессов, навыками	Уверенно владеет: -навыками физического и математического моделирования теплотехнических процессов, навыками расчета с

	с применением САРР-систем норм времени, материалов, инструментов, энергии на технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	инструментов, энергии на технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	применением САРР-систем норм времени, материалов, инструментов, энергии на технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	расчета с применением САРР-систем норм времени, материалов, инструментов, энергии на технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	применением САРР-систем норм времени, материалов, инструментов, энергии на технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности.
--	--	--	--	--	--

ПК-21 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: публикации по тематике исследования.	Не знает: публикации по тематике исследования.	Знает фрагментарно: публикации по тематике исследования.	В основном знает: публикации по тематике исследования.	Уверенно знает: публикации по тематике исследования.
Второй этап (уровень)	Уметь: подготавливать научно-технические отчеты, обзоры,	Не умеет: подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований.	Умеет частично: подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по	Достаточно хорошо умеет: подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по	Уверенно умеет: подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по

	публикации по результатам выполненных исследований.		результатам выполненных исследований.	результатам выполненных исследований.	результатам выполненных исследований.
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.	Не владеет: навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований..	Владеет частично: навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.	Достаточно хорошо владеет: навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.	Уверенно владеет: навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.

4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Оценочные средства
Знать	-методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов; -методику расчета нормативов расхода материалов, инструментов, энергии на выполнение технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности с применением, САРР-систем.	ПК-20 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов	Устный опрос Задания
	Публикации по тематике исследования.	ПК-21 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований	Устный опрос, контрольная работа, КП
Уметь	Использовать методы разработки физических и математических моделей теплотехнических процессов; использовать САРР-системы для расчета норм расхода материалов, инструментов, энергии в технологических операциях изготовления машиностроительных изделий средней сложности.	ПК-20 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов	Устный опрос, КР, КП
	Подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований.	ПК-21 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований	Устный опрос Задания
Владеть (навыки / опыт деятельности)	навыками физического и математического моделирования теплотехнических процессов;	ПК-20 способностью разрабатывать физические и математические модели	Устный опрос, контрольная работа,

ти)	<p>навыками расчета с применением САРР-систем норм времени, материалов, инструментов, энергии на технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности.</p>	<p>исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов</p>	КП
	<p>навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований</p>	<p>ПК-21 способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований</p>	Устный опрос, КР, КП

4.2.1 Контрольные вопросы для экзамена

Структура процесса проектирования. Стадии, иерархические уровни.

1. Выразите закон сохранения массы для системы, состоящей из одного компонента для многокомпонентной системы.
2. Приведите выражение 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?

4.2.2 Примеры экзаменационного билета

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Башкирский государственный университет»
Инженерный факультет
Кафедра «Технологические машины и оборудование»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

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. Напишите формулу линейного термического удлинения труб.

2. Как влияет удельная теплоемкость вещества на процессы теплообмена в кожухотрубчатом теплообменном аппарате?

Утверждено на заседании кафедры _____, протокол № _____
(дата)

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

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Башкирский государственный университет»
Инженерный факультет
Кафедра «Технологические машины и оборудование»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

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. В чем проявляется влияние гидродинамической структуры потоков на химико-технологические процессы?

2. Что понимают под средним временем пребывания частиц потока в аппарате. от чего оно зависит и как определяется?

Утверждено на заседании кафедры _____, протокол № _____
(дата)

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

Критерии оценки:

Оценка «5»:

- глубокое и прочное усвоение программного материала;
- полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания;
- свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала,
- правильно обоснованные принятые решения;
- владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «4»:

- знание программного материала;
- грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос;

- правильное применение теоретических знаний;
- владение необходимыми навыками при выполнении практических задач.

Оценка «3»:

- усвоение основного материала;
- при ответе допускаются неточности;
- при ответе недостаточно правильные формулировки;
- нарушение последовательности в изложении программного материала;
- затруднения в выполнении практических заданий.

Оценка «2»:

- незнание программного материала;
- при ответе возникают ошибки
- затруднения при выполнении практических работ

4.2.3 Образцы заданий для проведения текущего контроля

Задание для контрольной работы

Произвести тепловой расчет воздухо-воздушного пластинчатого теплообменника, материал поверхностей теплообмена – нержавеющая сталь ($\lambda = 16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$), 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		604	384	0,74		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. 4-6)	Направление движения теплоносителей	По холодному воздуху (см. таб. 4-6)	Тип поверхности (см. таб. 4-6)
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 теплоносителя

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

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 при $l/d_e > 100$.

Критерий Пекле рассчитывается следующим образом

$$Pe = \frac{W d_e}{a}$$

где d_e определяем по табл. 4-6 в зависимости от теплоносителя; W – скорость теплоносителя; $a = \lambda/(c\rho)$ – 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	δp , 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	δp , 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.

4.2.4 Образцы заданий для курсовых проектов

Примерные темы курсовых проектов

1. Основные понятия и определения теории рационального использования энергетических и материальных ресурсов
2. Основные методы энерго- и ресурсосбережения, используемые в современном теплообменном аппарате
3. Принципы построения и организации безотходных тепло-массообменных процессов
4. Постановка задачи оптимизации тепло-массообменных процессов
5. Классификация задач оптимизации. Выбор целевой функции и управляющих переменных при оптимизации
6. Многомерная оптимизация. Ограничения, которые усложняют поиск оптимума
7. Понятие о многоцелевой оптимизации
8. Аппараты воздушного охлаждения и т.д.

Примеры опросных листов на проектирование кожухотрубчатого теплообменного аппарата:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ E1045

на поставку кожухотрубчатого теплообменного аппарата

Общие сведения

Предприятие - заказчик:	-
Наименование установки:	-
Назначение аппарата:	<i>холодильник дизельной фракции</i>
Вид аппарата:	<i>кожухотрубчатый</i>
Тип аппарата:	<i>по усмотрению претендента</i>
Техническое обозначение:	-

Номер стандарта:	<i>ТУ 3612-023-00220302-01</i> <i>ТУ 3612-024-00220302-02</i>
------------------	--

Технические требования

Ориентация аппарата:	<i>по усмотрению претендента</i>
Тип изоляции:	<i>по усмотрению претендента</i>
Материальное исполнение	
1) кожух:	<i>09Г2С</i>
2) трубы:	<i>по усмотрению претендента</i>
3) опора:	<i>Ст3</i>

Дополнительные требования

Срок службы аппарата:	<i>не менее 10 лет</i>
Межремонтный пробег:	<i>не менее 5 лет</i>

Приложения

Приложение 2 - Опросный лист на проектирование кожухотрубчатого теплообменного аппарата по данным технологического процесса

Пример решения:

Условия задачи

Таблица 1

№	Наименование	Ед. изм.	Внутритруб. зона	Межтрубная зона
1	Наименование среды	-	Жидкое топливо	Водяной пар
2	Расход жидкости	Кг/ч	6628	312
3	Температура 1) на входе 2) на выходе	°С	40 90	195 124
4	Теплофизические свойства рабочих сред	при	средней темп.	средней темп.
	плотность	Кг/м ³	928	справ.
	вязкость	Па*с	0.00156	справ.

	теплопроводность	Вт/м*°С	0.1	справ.
	теплоемкость	Дж/кг*°С	1612	справ.

Данные про свойства воды возьмем из справочников.

Уравнение теплового баланса

$$N_2 = \frac{G_2}{3600} * c_2 * (t_{21} - t_{22}) + r_2 * \frac{G_2}{3600} = 198992,73 \text{ Дж}\backslash\text{с} \quad (1)$$

$$N_1 = \frac{G_1}{3600} * c_1 * (t_{12} - t_{11}) = 156973,1333 \text{ Дж}\backslash\text{с}$$

Потери при передаче тепла

$$N_{пот} = \frac{N_2 - N_1}{N_2} * 100 = 21,1161 \text{ Дж}\backslash\text{с} \quad (2)$$

N – количество теплоты, Дж\с;

$G_{1,2}$ – расход жидкости, Кг/ч; $c_{1,2}$ – теплоемкость, Дж/кг*°С;

t_{12}, t_{22} – выходные температуры сред, °С; t_{21}, t_{11} – входные температуры сред, °С;

Средняя разница температур

$$T_6 = t_{21} - t_{12} = 105 \text{ °С}$$

$$T_M = t_{22} - t_{11} = 84 \text{ °С}$$

$$T_{cp} = \frac{T_6 - T_M}{\ln \frac{T_6}{T_M}} = 94,11 \text{ °С} \quad (3)$$

T_6 – наибольшая разница между входной-выходной температурами сред, °С;

T_M – наименьшая разница между входной-выходной температурами сред, °С.

Число трубок

Нужен турбулентный поток в трубах, возьмем теоретическое число Рейнольдса равным 5000. Параметры трубок: внешний диаметр = 16 мм, внутренний = 10 мм, толщина стенок = 2,5 мм.

$$n_{тр} = \frac{4 * G_1}{\pi * d_{вн} * \eta_1 * Re_{1.теор}} = 39,23 \quad (4)$$

$G_{1,2}$ – расход жидкости, кг/ч;

π – число Пи;

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

η_1 – вязкость среды, Па*с;

$Re_{теор}$ – теоретическое число Рейнольдса.

Количество трубок в теплообменнике берем $n = 85$ шт.

Скорость потока жидкости в трубках

Теплообменник будет двухходовой, следовательно, в следующей формуле делим количество трубок на количество ходов:

$$V_1 = \frac{4 * G_1}{\frac{n_{тр}}{4} * \pi * d_{вн}^2 * \rho_1} = 1,24 \quad (5)$$

V_1 – скорость потока, м/с;

n – количество трубок, шт; $G_{1,2}$ – расход жидкости, кг/ч; π – число Пи;

$d_{вн}$ – внутренний диаметр трубок, м; $\rho_{1,2}$ – плотность сред, Кг/м³.

Число Рейнольдса

Уточним число Рейнольдса с учетом двух ходов теплообменника:

$$Re_1 = \frac{v_1 * d_{сн} * \rho_1}{\eta_1} = 9231,31 \quad (6)$$

Re – число Рейнольдса;

V1 – скорость потока, м/с; d – диаметр сосуда, м;

ρ – плотность среды, Кг/м³;

η – вязкость среды, Па*с.

Число Прандтля для жидкого топлива

$$Pr_1 = \frac{\eta_1 * c_1}{\lambda_1} = 18,19 \quad (7)$$

Pr – число Прандтля;

η – вязкость среды, Па*с;

c – теплоемкость среды, Дж/кг*°С;

λ – теплопроводность среды, Вт/м*°С.

Число Прандтля для свойств топлива

$$Pr_{1w} = \frac{\eta_1 * 1,2 * c_1}{\lambda_1 * 0,9} = 24,26 \quad (8)$$

Pr – число Прандтля;

η – вязкость среды, Па*с;

c – теплоемкость среды, Дж/кг*°С;

λ – теплопроводность среды, Вт/м*°С.

Число Нуссельта для турбулентного потока

$e = 1$

$$Nu_1 = 0,021 * e * Re_1^{0,8} * Pr_1^{0,43} * \left(\frac{Pr_1}{Pr_{1w}}\right)^{0,25} = 101,15 \quad (9)$$

Расчеты межтрубной зоны

Внутренний диаметр кожуха

$$1,5 * d_{нар} * \sqrt{np} = 0,2213 \text{ м} \quad (10)$$

D_{внут} – внутренний диаметр кожуха теплообменника, м; d_{вн} – внутренний диаметр трубок, м;

n – количество трубок, шт.

Берем в качестве кожуха теплообменника обечайку с внутренним диаметром 259 мм .

D_{внутр} = 0, 259 м

$$d_{эКВ} = D_{внутр} - \sqrt{n} * d_{внеш} = 0,111 \text{ (м)} \quad (11)$$

D_{внутр} – внутренний диаметр кожуха теплообменника, м; d_{внеш} – внешний диаметр трубок, м;

n – количество трубок, шт.

Скорость потока жидкости в межтрубной зоне

$$V_2 = \frac{4 * G_{2/3600}}{\pi * d_{эКВ}^2 * n} = 4,525 \text{ (м/с)} \quad (12)$$

V2 – скорость потока, м/с;

n – количество трубок, шт; G_{1,2} – расход жидкости, кг/ч; π – число Пи;

d_{эКВ} – эквивалентный внутренний диаметр кожуха теплообменника, м;

$\rho_{1,2}$ – плотность сред, Кг/м³.

Число Рейнольдса для межтрубной зоны

$$Re_2 = \frac{v_2 * d_{эКВ} * \rho_2}{\eta_2} = 5049,88 \quad (13)$$

$$Pr_2 = \frac{\eta_2 * c_2}{\lambda_2} = 1,2$$

Число Прандтля при 80 градусах Цельсия

$$Pr_{2w} = \frac{\eta_2 * c_2}{\lambda_2} = 1,2$$

Число Нуссельта для воды

$$E=1$$

$$Nu_2 = 0.4 * E * Re_2^{0.6} * Pr_2^{0.36} * \left(\frac{Pr_2}{Pr_{2w}}\right)^{0.25} = 71,25$$

Коэффициенты теплоотдачи

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 * \lambda_1}{d_{вн}} = 1132,87$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 * \lambda_2}{d_{экс}} = 434,58 \quad (14)$$

Материал наших трубок сталь марки 15, где $\lambda = 96 \delta_{тр} = 0,003$

$\alpha_{1,2}$ – коэффициенты теплоотдачи, Вт/м²*°С; Nu – число Нуссельта;

λ – теплопроводность среды, Вт/м*°С;

d – внутренний диаметр сосуда, м.

$$K = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta_{тр}/\lambda_{тр} + 1/\alpha_2 + 0.0003 + 0.0005} = 249,06 \quad (15)$$

$\alpha_{1,2}$ – коэффициенты теплоотдачи, Вт/м²*°С;

λ – теплопроводность среды, Вт/м*°С;

δ – толщина стенки трубок, м,

$R_{1,2}$ – коэффициенты загрязнения, м²*ч*°С \ ккал.

Площадь требуемой расчетной поверхности теплообмена

$$F_{расч} = \frac{N_1}{K * \Delta T_{ср}} = 6,7 \text{ м}^2 \quad (16)$$

$F_{расч}$ – площадь требуемой поверхности трубок, м²;

N – количество теплоты, Дж;

$\Delta T_{ср}$ – средняя разница температур, °С;

K – коэффициент теплопередачи, Вт/м²*°С.

Площадь конструкторская

$$l = 2$$

$$F_{констр} = \pi * d_{нар} * l * n_{тр} = 8,55 \text{ м}^2 \quad (17)$$

$F_{констр}$ – конструкторская площадь поверхности трубок, м²;

π – число Пи;

$d_{внеш}$ – внешний диаметр трубок, м; l – длина трубок, м;

n – количество трубок, шт.

Запас поверхности

$$\frac{F_{констр}}{F_{расч}} = 1,276 \quad (18)$$

Критерии оценки курсового проекта:

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»

- 1. если студент допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлено «5» баллов, или если правильно выполнил менее половины работы**

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

Основная литература:

1. Теплотехника / Под ред. Шатрова М. Г. — М.: Академия, 2013. — 288 с.
2. Коновалов В. И., Пахомов А. Н., Гатапова Н. Ц., Колиух А. Н. Методы решения задач тепломассопереноса: Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде: учебное пособие. — Тамбов: издательство ФГОУ ВПО «ТГТУ», 2012. — 81 с. — ЭВК, ЭБС УБО http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277809&sr=1
3. 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>
4. Круглов Г. А., Булгакова Р. И., Круглова Е. С. Теплотехника. — Лань, 2012. — 208 с. — ЭВК, ЭБС «Лань»

Дополнительная литература:

1. http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=3900
2. 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>
3. Терехов В. И., Пахомов М. А. Тепломассоперенос и гидродинамика в газочапельных потоках: монография. — Новосибирск: НГТУ, 2008. — 282 с. — ЭВК, ЭБС УБО http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=436050&sr=1

Перечни основной и дополнительной литературы должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к списку литературы

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

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/>
7. www.plm.automation.siemens.com

Приводятся ссылки на специальные сайты, перечень лицензионного или находящегося в свободном доступе программного обеспечения, необходимые для изучения данной дисциплины

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

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория №401 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Лекции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мультимедиа-проектор Panasonic PT-EW640E 2. Lumien Master Picture, 244x183 3. Аудиосистема. 4. Терминал видеоконференцсвязи LifeSize Icon 600 Camera 10xPhone 2ndGeneration 5. ПК PowerCool i5-9400/DDR4 8Гб /HDD 1TB/450W/ 21.5" /Клавиатура/Мышь" 6. Учебная мебель 7. Доска
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория №001 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ноутбук Packard bell ENT F71BM-C36P Celeron N2830/2Gb/320Gb/DVDRW/HD4400 int/15.6/WXGA/1366*768/Lin - 5 шт 2. ПК PowerCool i5-9400/DDR4 8Гб /HDD 1TB/450W/ 21.5" /Клавиатура/Мышь" 3. Насос центробежный АДК-30 фирмы Aquario 4. Малогабаритный кожухотрубчатый теплообменный аппарат с геликоидальным потоком ТПГ 159-1,6-20Г-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 №401 (Учебный корпус,	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мультимедиа-проектор Panasonic PT-EW640E 2. Lumien Master Picture, 244x183 3. Аудиосистема. 4. Терминал видеоконференцсвязи LifeSize Icon 600 Camera 10xPhone

адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)		2nd Generation "5.ПК PowerCool i5-9400/DDR4 8Гб /HDD 1TB/450W/ 21.5"" /Клавиатура/Мышь" 6.Учебная мебель 7.Доска
Учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ): аудитория №401 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Курсовой проект	1.Мультимедиа-проектор Panasonic PT-EW640E 2. Lumien Master Picture, 244x183 3.Аудиосистема. 4.Терминал видеоконференцсвязи LifeSize Icon 600 Camera 10xPhone 2nd Generation "5.ПК PowerCool i5-9400/DDR4 8Гб /HDD 1TB/450W/ 21.5"" /Клавиатура/Мышь" 6.Учебная мебель 7.Доска
Помещение для самостоятельной работы: аудитория №201 (Учебный корпус, адрес 450078, ул. Мингажева, д. 100)	Самостоятельная работа	1.ПК PowerCool i5-9400/DDR4 8Гб /HDD 1TB/450W/ 21.5"" /Клавиатура/Мышь - 6 шт" 2.Учебная мебель

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Современные методы оптимизации тепломассообменных
процессов»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

очная

(форма обучения)

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	39,2
лекций	16
практических/ семинарских	20
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	3.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену	104.8
Учебных часов на подготовку к курсовому проекту (Контроль)	36

Форма(ы) контроля:

экзамен – 3 семестр

курсовой проект - 3 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ЛР	ПР/СЕМ	СРС			
3-й семестр									
Модуль 1									
1	1.Введение. Роль дисциплины в прикладных научных исследованиях и производстве современного оборудования, посвященные процессам теплопередачи. 2.Обзор технологических и производственных процессов, где применяются техника и технологии теплопередачи между двумя рабочими средами. Установки нефтегазовых и нефтеперерабатывающих отраслей.	21	2	-	4	15	1, §1 2, §1-2 3, §1-2 4, §2-8 5, §3-6 6, §3-5	1, стр.9-20 2, стр. 8 3, стр. 7-18 4, стр.25 5, стр. 16 6, стр.22	Контрольная работа
2	3.Роль современного теплообменного оборудования в нефтепереработке. Установка обессоливания и обезвоживания нефти. Установка атмосферной перегонки нефти. Установка гидрокрекинга. Установка каталитического риформинга. 4.Виды теплообменных аппаратов. Испарители. Конденсаторы. Холодильники. Подогреватели. Теплообменники.	21	2	-	4	15	1, §12-14 2, §13-18 4, §18-22 5, §23-26 6, §13-16	1,стр.36 2, стр.22 4,стр.42 5, стр.26 6, стр.34	Контрольная работа

Модуль 2									
1	1. Удельная теплоемкость. Теплопроводность. Свободная конвекция. Вынужденная конвекция. Конвективные потоки. 2. Существующие конструкции кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Линзовый компенсатор. Плавающая головка. U-образные трубы. Другие виды конструкций КТТА.	52	4	-	8	40	1, §32 2, §30 3, §35 4, §32 5, §33	1, стр.78 2, стр. 51 1, стр.90 2, стр. 67 1, стр.69	Контрольная работа
2	3. Аппараты воздушного охлаждения. Предназначение АВО. АВМ, АВГ, АВЗ. 4. Проектирование теплообменных аппаратов. Влияние ламинарного и турбулентного потоков на теплопередачу. Влияние давления на теплопередачу.	46,3	8	-	4	34.3	1-5, глава XII 5-10, глава XVI-XIX	1-5, стр 250-297 5-10, стр. 332-371	Контрольная работа
									Курсовой проект
									ЭКЗАМЕН

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Современные методы оптимизации тепломассообменных
процессов»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

заочная

(форма обучения)

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	20
лекций	8
практических/ семинарских	12
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	-
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену	52
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	-

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Современные методы оптимизации тепломассообменных процессов»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

заочная форма

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	23,2
лекций	8
практических/ семинарских	12
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	3.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену	75.8
Учебных часов на подготовку к курсовому проекту (Контроль)	9

Форма(ы) контроля:

экзамен – 4 семестр

курсовой проект - 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ЛР	ПР/ СЕМ	СРС			
3-й семестр									
Модуль 1									
1	1.Введение. Роль дисциплины в прикладных научных исследованиях и производстве современного оборудования, посвященные процессам теплопередачи. 2.Обзор технологических и производственных процессов, где применяются техника и технологии теплопередачи между двумя рабочими средами. Установки нефтегазовых и нефтеперерабатывающих отраслей.	22	4	-	6	25	1, §1 2, §1-2 3, §1-2 4, §2-8 5, §3-6 6, §3-5	1, стр.9-20 2, стр. 8 3, стр. 7-18 4, стр.25 5, стр. 16 6, стр.22	Контрольная работа
2	3.Роль современного теплообменного оборудования в нефтепереработке. Установка обессоливания и обезвоживания нефти. Установка атмосферной перегонки нефти. Установка гидрокрекинга. Установка каталитического риформинга. 4.Виды теплообменных аппаратов. Испарители. Конденсаторы. Холодильники. Подогреватели. Теплообменники.	33	4	-	6	26,5	1, §12-14 2, §13-18 4, §18-22 5, §23-26 6, §13-16	1,стр.36 2, стр.22 4,стр.42 5, стр.26 6, стр.34	Контрольная работа

Модуль 2									
1	1. Удельная теплоемкость. Теплопроводность. Свободная конвекция. Вынужденная конвекция. Конвективные потоки. 2. Существующие конструкции кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Линзовый компенсатор. Плавающая головка. U-образные трубы. Другие виды конструкций КТТА.	23	4	-	6	37	1, §32 2, §30 3, §35 4, §32 5, §33	1, стр.78 2, стр. 51 1, стр.90 2, стр. 67 1, стр.69	Контрольная работа
2	3. Аппараты воздушного охлаждения. Предназначение АВО. АВМ, АВГ, АВЗ. 4. Проектирование теплообменных аппаратов. Влияние ламинарного и турбулентного потоков на теплопередачу. Влияние давления на теплопередачу.	22	4	-	6	38,8	1-5, глава XII 5-10, глава XVI-XIX	1-5, стр 250-297 5-10, стр. 332-371	Контрольная работа
									Курсовой проект
									ЭКЗАМЕН

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ

на проектирование кожухотрубчатого теплообменного аппарата по данным технологического процесса

Характеристики

№	Наименование	Ед. изм.	Межтрубная зона	Внутритрубная зона
1.	Наименование среды:	-	<i>дизельное топливо</i>	<i>вода</i>
2.	Химический состав:	-	-	-
3.	Общий расход:	кг/ч	<i>57000</i>	<i>32430</i>
3.1	Расход жидкости:	кг/ч	<i>57000</i>	<i>32430</i>
3.2	Расходы пара/газа:	кг/ч	-	-
4.	Температура 1) на входе: 2) на выходе: 3) критическая:	°C	<i>145</i> <i>85</i>	<i>20</i> <i>75</i>
5.	Давление 1) расчетное: 2) рабочее: 3) критическое:	МПа	<i>2.4</i> <i>2.2</i>	<i>1.6</i> <i>1.4</i>
6.	Допустимые перепады давления:	КПа	<i>100</i>	<i>70</i>
7.	Теплофизические свойства рабочих сред 1) плотность: 2) вязкость: 3) теплопроводность: 4) теплоёмкость:	кг/м ³ <i>Па·с</i> <i>ккал/ч·м⁰</i> С <i>ккал/кг·°C</i>		<i>997</i>