

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 14 » апреля 2021 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине (модулю)

Б1.В.О.32 "Интенсификация тепломассообменных процессов"

18.03.02 «Энерго- ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Машины и аппараты химических производств

(наименование профиля/направленности/специализации)

Бакалавр

квалификация

очная, очно-заочная, заочная

(форма обучения)

Нижекамск, 2021

Составитель ФОС:  
доцент каф. МАХП  
(должность)

(подпись)

И.А. Сабанаев  
(И.О. Фамилия)

ФОС рассмотрен и одобрена на заседании кафедры МАХП  
протокол № 7 от «10» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

И.А. Сабанаев  
(И.О. Фамилия)

Эксперт:

Руководитель ООП, Мадышев И.Н.доцент каф. МАХП НХТИ  
Ф.И.О., должность, организация,

подпись

### Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

- ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-2.1 Знает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-2.2 Умеет использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-2.3 Владеет математическими, физическими, физико-химическими, химическими методами для решения задач профессиональной деятельности

Индекс компетенции	Этапы формирования компетенции (указать все темы из РПД)				Наименование оценочного средства
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовой проект	
ОПК-2.1	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	-	Конспект лекций, тетрадь с решенными задачами, тест, отчет по лабораторной работе, тест
ОПК-2.2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	-	Конспект лекций, тетрадь с решенными задачами, отчет по лабораторной работе, реферат
ОПК-2.3	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	-	Конспект лекций, тетрадь с решенными задачами, контрольная работа, отчет по лабораторной работе, реферат

***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

Название	Диапазон оценок мин – макс	Кол-во	Всего
Лекции	1	7	7
Практические занятия	2	7	14
Лабораторная работа	3,5	4	14
Реферат	5 – 13	2	10 – 26
Собеседование	5 – 13	1	5 – 13
Контрольная работа	5 – 13	1	5 – 13
Кейс-задача	5 – 13	1	5 – 13

### Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			Зачет с оценкой
5	87 - 100	Отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

### Краткая характеристика оценочных средства

№ п/п	Наименование оценочн. средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Лабораторная работа	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы, вопросы к коллоквиуму
2	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работами с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия
3	Кейс-задача	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.	Задания для решения кейс-задачи
4	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
5	Расчетно-графическая работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы
6	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения	Темы рефератов
7	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
9	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

### Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			зачет с оценкой
5	87 - 100	Отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурс- сберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Машины и аппараты химических производств»

(наименование)

для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий. Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

### **Лабораторная работа №1.**

#### **Дискретная шероховатость в форме поперечной накатки труб**

(тема лабораторной работы)

Работа проводится в форме сравнительного анализа влияния различных параметров поперечной накатки трубы на основе расчетов с помощью табличного процессора по известной математической модели и последующей визуализацией результатов в графической форме.

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;
- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

### **Лабораторная работа №2. Интенсификация с помощью внутренней диафрагмы**

(тема лабораторной работы)

Работа проводится в форме сравнительного анализа влияния различных параметров внутренней диафрагмы, помещенной внутрь трубы на основе расчетов с помощью табличного процессора по известной математической модели и последующей визуализацией результатов в графической форме.

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;



- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

### **Лабораторная работа №3.**

#### **Влияние флегмового числа на число ступеней ректификации**

*(тема лабораторной работы)*

Работа проводится в форме численного моделирования с целью изучения влияния флегмового числа на интенсивность процесса ректификации, на основе расчетов с помощью табличного процессора по известной математической модели и последующей визуализацией результатов в графической форме..

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;
- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

### **Лабораторная работа №4. Трехмерное моделирование дискретной шероховатости**

*(тема лабораторной работы)*

Работа проводится с помощью инструментов трехмерного моделирования в среде CAD-программы с последующим формированием твердой копии объекта проектирования из АБС-пластика с помощью печати на 3D-принтере.

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;
- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

### **Критерии оценки лабораторных работ**

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине «Современные программные комплексы для расчета оборудования» студент должен выполнить следующие виды работ:

<b>Виды работ</b>	<b>Минимальный балл</b>	<b>Максимальный балл</b>
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	0,7	0,7
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	0,7	0,7
Выполнение необходимого эксперимента	0,7	0,7
Обработка результатов исследования, построение графиков	0,7	0,7

Анализ результатов исследования и вывод по работе	0,7	0,7
<b>ИТОГО :</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 3,5 балл, максимум в 3,5 балл. После выполнения всех работ рассчитывается итоговый балл по данному оценочному средству, как сумма по всем лабораторным работам.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Учебным планом по направлению подготовки магистров: 15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Химическое машино- и аппаратостроение»  
(наименование)

для обучающихся предусмотрено проведение практических занятий.

Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

**Задание 1 Уравнения тепло- и массообмена. Критерии подобия процессов.  
Построение математических моделей процессов в критериальной форме.**

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

**Задание 2 Способы расчета интенсивности и эффективности теплообменных и массообменных процессов. Анализ влияния различных факторов на интенсивность тепло- и массообмена.**

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

**Задание 3 Интенсификация теплообмена в трубчатых теплообменных аппаратах с помощью устройств-завихрителей потока и устройств разрушения приграничного ламинарного слоя.**

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

**Задание 4 Влияние различных способов воздействия на поток теплоносителей в теплообменном аппарате с целью повышения интенсивности процесса теплообмена.**

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

### **Задание 5 Исследование способов интенсификации массообменных процессов на различных примерах**

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

### **Задание 6 Аппаратурное решение лабораторных стендов для исследования способов интенсификации тепло- и массообменных процессов**

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

### **Задание 7 Программные комплексы для моделирования тепло- и массообменных процессов с целью исследования возможности повышения их интенсивности.**

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

### **Критерии оценки практических занятий**

Изучая предмет, обучающийся выполняет 8 заданий. За решение каждого он может получить 1 балл. Если не справился с заданием без помощи преподавателя, оценка снижается.

Итоговый рейтинг по практическим занятиям проставляется как сумма полученных баллов за решение 8 индивидуальных заданий.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурс- сберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Машины и аппараты химических производств»

(наименование)

### Темы для собеседования

по дисциплине: «Интенсификация тепломассообменных процессов»

(наименование дисциплины)

1. Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах.
2. Способы интенсификации теплообменных процессов.
3. Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах.
4. Выбор рационального способа интенсификации теплообменного процесса.
5. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена.
6. Оценка способа интенсификации теплообмена с помощью коэффициента теплоэнергетической эффективности.
7. Выбор оптимальной скорости в канале теплообменника.
8. Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена.
9. Каналы со сплошной шероховатостью стенки.
10. Каналы с поперечными кольцевыми выступами.
11. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками.
12. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена.
13. Сферические углубления на поверхности теплообмена.
14. Каналы с винтовой накаткой.
15. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками.
16. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.
17. Конструктивные способы интенсификации теплообмена.
18. Интенсификация закруткой потока теплоносителя.
19. Теплообмен в каналах типа конфузор-диффузор.
20. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена.
21. Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости.
22. Интенсификация теплообмена при плёночном течении.
23. Способы интенсификации массообменных процессов.
24. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов.
25. Определение оптимальных параметров процесса ректификации.

26. Определение оптимального флегмового числа.
27. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов.
28. Некоторые правила разделения многокомпонентных смесей.
29. Мембранные процессы.
30. Влияние химических реакций на процессы абсорбции.
31. Сверхкритические флюиды. Свойства СКФ, область применения, достоинства СКФ технологий.
32. Перспективы развития технологий для разделения веществ.

### **Критерии оценки:**

**Минимальное** число баллов – 5 баллов выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

**Максимальное** число баллов – 13 баллов выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурс- сберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Машины и аппараты химических производств»

(наименование)

### **Комплект заданий для решения кейс-задачи**

по дисциплине: «Интенсификация тепломассообменных процессов»

(наименование дисциплины)

Задача 1

**Сущность интенсификации тепломассообменных процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.**

1. Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах.
2. Способы интенсификации теплообменных процессов.

Задача 2

**Классификация и эффективность методов интенсификации теплообмена.**

1. Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах.
2. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена.

Задача 3

**Конструктивные способы интенсификации теплообмена.**

1. Интенсификация закруткой потока теплоносителя. Теплообмен в каналах типа конфузور-диффузор. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена.
2. Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости. Интенсификация теплообмена при плёночном течении.

Задача 4

**Интенсификации теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью.**

1. Каналы с винтовой накаткой. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками.
2. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.

### Задача 5

#### **Дискретно-шероховатые каналы при турбулентном течении теплоносителя.**

1. Каналы со сплошной шероховатостью стенки. Каналы с поперечными кольцевыми выступами.
2. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена.

### Задача 6

#### **Интенсификация массообменных процессов при ректификации смесей.**

1. Определение оптимальных параметров процесса ректификации. Определение оптимального флегмового числа.
2. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов. Некоторые правила разделения многокомпонентных смесей.

Критерии оценки:

Ü 13 баллов выставляется студенту, если четко представлял свою позицию, аргументировал точку зрения, критически оценивал аргументы других студентов, подтверждая глубокое знание материала, умение использовать нормативные документы, научную литературу для подтверждения правильности собственной позиции;

Ü 9 баллов выставляется студенту, если четко представлял свою позицию, аргументировал точку зрения, оценивал аргументы других студентов, подтверждая знание материала, умение использовать нормативные документы для подтверждения правильности собственной позиции;

Ü 5 баллов выставляется студенту, если представлял свою позицию, аргументировал точку зрения, подтверждая знание материала, умение использовать нормативные документы для подтверждения правильности собственной позиции;



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурс- сберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Машины и аппараты химических производств»

(наименование)

### Темы для рефератов

1. Требования к теплообменникам.
2. Способы интенсификации теплообменных процессов.
3. Аппараты воздушного охлаждения. Особенности проектирования современных аппаратов воздушного охлаждения
4. Управление АВО
5. Выбор рационального способа интенсификации теплообменного процесса.
6. Интенсификация теплообмена в трубчатых печах.
7. Оценка способа интенсификации теплообмена с помощью коэффициента теплоэнергетической эффективности.
8. Выбор оптимальной скорости в канале теплообменника.
9. Способы борьбы с отложениями на поверхностях теплообмена (магнитная обработка воды, ультразвуковой метод).
- Ю. Химическая очистка поверхности теплообмена.
11. Механическая очистка поверхности теплообмена.
12. Ультразвуковая очистка поверхности теплообмена.
13. Электрогидроимпульсная очистка поверхности теплообмена.
14. Очистка поверхности теплообмена высоконапорными агрегатами.
15. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов.
16. Способы интенсификации массообменных процессов.
17. Определение оптимальных параметров процесса ректификации.
18. Определение оптимального флегмового числа упрощенным методом.
19. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов.
20. Некоторые правила разделения многокомпонентных смесей.
21. Мембранные процессы.
22. Влияние химических реакций на процессы абсорбции
23. Сверхкритические флюиды. Свойства СКФ, область применения, достоинства СКФ технологий.
24. Структурный анализ химико-технологических систем.

- 25.Расчет разомкнутых ХТС.
- 26.Расчет замкнутых ХТС.
- 27.Алгоритм нахождения вычислительной последовательности ХТС.
- 28.Перспективы развития технологий для разделения веществ.

**Критерии оценки:**

**Минимальное** число баллов – 5 баллов выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

**Максимальное** число баллов – 13 баллов выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурс- сберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Машины и аппараты химических производств»

(наименование)

### Темы рефератов

по дисциплине «Интенсификация тепломассообменных процессов»

(наименование дисциплины)

1. Физические основы аналогии процессов переноса теплоты и импульса.
2. Определение тепловой мощности и затраченной мощности в процессе теплопередачи.
3. Инженерная модель турбулентного переноса теплоты и импульса.
4. Понятие «интенсифицированная поверхность теплопередачи».
5. Методы интенсификации процессов переноса теплоты и импульса.
6. Физические методы воздействия на основное термическое сопротивление теплопередачи.
7. Формирование структуры потока теплоносителя на входных участках каналов круглого и некруглого поперечного сечения.
8. Организация течений во входных (начальных) участках каналах как метод интенсификации теплопередачи.
9. Понятие энергетическая эффективность.
10. Снижение гидродинамического сопротивления в каналах с интенсификацией как метод повышения энергетической эффективности теплопередающих систем.
11. Особенности течения и теплообмена в каналах с отрывом и присоединением потока теплоносителя.
12. Локальные гидродинамические характеристики при поперечном обтекании теплопередающих каналов.
13. Локальная теплоотдача на поверхности поперечноомываемого канала.
14. Традиционные компоновки пучков труб «коридорные» и «шахматные». Характер обтекания и особенности теплогидродинамических процессов.
15. Теплоотдача и гидродинамическое сопротивление при течениях теплоносителя в межтрубных каналах трубных пучков (Нормативный метод).

16. Нетрадиционные компоновки пучков труб, особенности течения и теплообмена в пучках «конфузорно-диффузорного» типа.
17. Локальная теплоотдача вдоль периметра при обтекании труб в пучках «извилистого» типа.
18. Локальное распределение поверхностного трения при омывании труб в пучках «диффузорного» типа.
19. Локальное статическое давление на поверхности труб в пучках «конфузорного» типа.
20. Локальная теплоотдача вдоль периметра при обтекании труб в пучках «конфузорного» типа.
21. Локальное трение на поверхности труб в пучках «коридорно-диффузорного» типа.
22. Локальная теплоотдача труб в пучках «коридорно-диффузорного» типа.
23. Гидродинамическое сопротивление пучков труб «конфузорно-диффузорного» типа в сравнении с сопротивлением традиционных пучков.
24. Средняя теплоотдача пучков труб «конфузорно-диффузорного» типа по сравнению с теплоотдачей традиционных пучков.

### **Критерии оценки:**

**Минимальное** число баллов – 5 баллов выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

**Максимальное** число баллов – 13 баллов выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурс- сберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Машины и аппараты химических производств»

(наименование)

**Комплект заданий для контрольной работы**  
**по дисциплине «Интенсификация тепломассообменных процессов»**  
(наименование дисциплины)

Контрольная работа включает только одну задачу. Студент решает эту задачу в соответствии с заданным вариантом. Для всех вариантов дается единое задание. Варианты определяются по таблице 1. Каждый вариант предполагает расчет одного холодильника. Параметры стандартных холодильников заданы в таблице 2.

Для охлаждения дистиллированной воды от температуры  $T_{1г}$  до температуры  $T_{2г}$  используется стандартный одноходовый холодильник, параметры которого заданы в таблице 2. Массовый расход воды составляет  $G = 2$  кг/с. Охлаждающим агентом является техническая вода, нагревающаяся от температуры  $T_{1х}$  до температуры  $T_{2х}$ . Материал труб теплообменника – Сталь 20: коэффициент теплопроводности стали  $\lambda = 46,5$  Вт / (м · град). Массовая теплоемкость воды равна  $c_p = 4180$  Дж/кг.

В контрольной работе для заданного варианта требуется:

- 1) рассчитать интенсивность теплообмена по схеме прямотока;
- 2) рассчитать интенсивность теплообмена по схеме противотока;
- 3) определить на сколько процентов увеличивается интенсивность теплообмена при переходе от прямотока к противотоку;
- 4) рассчитать эффективность теплообмена по схеме прямотока;
- 5) рассчитать эффективность теплообмена по схеме противотока;
- 6) определить на сколько процентов увеличивается эффективность теплообмена при переходе от прямотока к противотоку.
- 7) определить, на сколько процентов уменьшится интенсивность теплообмена и эффективность холодильника, если и с внутренней, и с наружной сторон трубы образуются загрязнения толщиной по 1 мм, теплопроводность которого равна 0,5 Дж/кг·с.

Таблица 1. Исходные данные для вариантов заданий

№ вар	$T_{1г}$	$T_{2г}$	$T_{1х}$	$T_{2х}$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
1	82	62	20	32	16	23
2	87	63	23	41	17	18
3	72	61	16	42	5	18
4	80	59	25	35	5	9

5	92	52	14	41	6	5
6	75	45	23	32	21	11
7	85	50	15	36	4	21
8	84	43	12	38	11	21
9	92	41	17	30	12	8
10	88	57	18	33	13	20
11	79	51	19	41	25	17
12	94	60	14	35	8	5
13	65	59	21	32	25	22
14	91	60	11	37	26	21
15	74	47	20	33	15	24
16	68	56	24	32	13	25
17	95	54	12	39	15	18
18	79	45	13	41	5	9
19	71	59	24	32	21	14
20	85	52	18	34	7	16
21	70	48	19	35	21	15
22	85	52	26	33	11	23
23	80	55	17	32	6	10
24	87	64	16	34	11	21

Таблица 2. Параметры кожухотрубчатых холодильников

№ вар	D кожуха, мм	d труб, мм	Число труб	Длина труб, м	Поверхность теплообмена, F
1	800	20 <sup>x</sup> 2	717	2	90
2	800	20 <sup>x</sup> 2	717	3	135
3	800	20 <sup>x</sup> 2	717	4	180
4	800	20 <sup>x</sup> 2	717	6	270
5	800	20 <sup>x</sup> 2	717	9	405
6	800	25 <sup>x</sup> 2	465	2	73
7	800	25 <sup>x</sup> 2	465	3	109
8	800	25 <sup>x</sup> 2	465	4	146
9	800	25 <sup>x</sup> 2	465	6	219
10	800	25 <sup>x</sup> 2	465	9	329
11	1000	20 <sup>x</sup> 2	1173	3	221
12	1000	20 <sup>x</sup> 2	1173	4	295
13	1000	20 <sup>x</sup> 2	1173	6	442
14	1000	20 <sup>x</sup> 2	1173	9	663
15	1000	25 <sup>x</sup> 2	747	3	176
16	1000	25 <sup>x</sup> 2	747	4	235
17	1000	25 <sup>x</sup> 2	747	6	352
18	1000	25 <sup>x</sup> 2	747	9	528
19	1200	20 <sup>x</sup> 2	1701	4	427
20	1200	20 <sup>x</sup> 2	1701	6	641
21	1200	20 <sup>x</sup> 2	1701	9	961
22	1200	25 <sup>x</sup> 2	1083	4	340
23	1200	25 <sup>x</sup> 2	1083	6	510
24	1200	25 <sup>x</sup> 2	1083	9	765

Количественной характеристикой для измерения процесса переноса является его интенсивность. Интенсивность переноса равна отношению скорости процесса переноса к

геометрическому размеру того объекта (аппарата или его части), в котором протекает этот процесс.

$$Int = \frac{V_{\text{перен}}}{S_{\text{объ}}}$$

Для массообменного аппарата:

$$Int_{\text{Массообм}} = \frac{\text{Кол - во продукции за час}}{\text{Объем аппарата}},$$

Например, 1200 (кг/час) / м<sup>3</sup>.

Для теплообменного аппарата:

$$Int_{\text{Теплообм}} = \frac{\text{Кол - во ттепл за час}}{\text{Площадь ттеплообмнной поверхности}},$$

Например, 4 (кДж/с) / м<sup>2</sup>.

Таким образом, интенсификация тепло- и массообменных процессов состоит в повышении численного значения их интенсивности. Из формулы (1) следует, что повысить интенсивность процесса можно двумя способами:

- при одних тех же геометрических размерах аппарата увеличить скорость процесса;
- обеспечить прежнюю скорость процесса при меньших геометрических размерах.

### **Критерии оценки:**

#### **Критерий оценки максимальным числом баллов - 13:**

Выполнены все требования задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно с соблюдением масштаба и правил оформления. Расчеты выполнены с достаточной степенью точности. Показан вывод расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Над единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины представлены в показательной форме – математические действия над ними выполнены без ошибок.

#### **Критерий оценки на 9 баллов:**

Выполнены все требования задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно, но с небольшими нарушениями в правилах оформления. Расчеты величин местами не достигают достаточной степени точности. Имеются небольшие огрехи в выводе расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не над всеми единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины не всегда представлены в показательной форме – при выполнении математических действий над ними используется формат чисел с фиксированной запятой.

#### **Критерий оценки на 5 баллов:**

Выполнено не менее 60% требований задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно, но с существенными нарушениями правил оформления. При проведении расчетов имеются существенные потери точности величин. При выводе расчетных формул допущены некоторые ошибки. Не все числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не всегда над единицами измерений выполнены правильные преобразования.

Крупные и мелкие числовые величины представлены в различных форматах, приводящих к накоплению ошибки.

**Критерий оценки «неудовлетворительно»:**

Если хотя бы один из перечисленных критериев для минимальной оценки не соблюдается, выставляется оценка «неудовлетворительно», работа возвращается на доработку.