

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

« 30 » мая 2022 г.

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

Б1.В.07 «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих

процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(код и наименование дисциплины (модуля))

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

(форма обучения)

Нижекамск, 2022

Составитель ФОС:  
доцент каф. МАХП  
(должность)



(подпись)

И.А. Сабанаев  
(И.О. Фамилия)

ФОС рассмотрен и одобрена на заседании кафедры МАХП  
протокол № 8 от «12» апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой



(подпись)

И.Н. Мадышев  
(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

УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК-1.1	Знает методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа
УК-1.2	Умеет применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; применять системный подход для решения поставленных задач
УК-1.3	Владеет навыками поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; использования системного подхода для решения поставленных задач

Индекс Компетенции	Этапы формирования компетенции (указать все темы из РПД)			Наименование оценочного средства
	Лекции	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)	
УК-1.1	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9	Не предусмотрены	Конспект лекций, отчет по лабораторной работе, Тестирование, собеседование, реферат, контрольная работа, расчетно-графическая работа
УК-1.2	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9	Не предусмотрены	Конспект лекций, отчет по лабораторной работе, Тестирование, собеседование, реферат, контрольная работа, расчетно-графическая работа
УК-1.3	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9	Не предусмотрены	Конспект лекций, отчет по лабораторной работе, Тестирование, собеседование, реферат, контрольная работа, расчетно-графическая работа

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

Название	Диапазон оценок мин - макс	Кол-во	Всего
Лабораторные занятия	2 - 4	9	18 - 36
Рефераты	4 – 6	2	8 – 12
Собеседование	5 – 7	2	10 – 14
Тесты	4 – 6	1	4 – 6
Расчетно-графическая работа	5 – 8	1	5 – 8
Контрольная работа	5 – 8	2	10 – 16
Кейс-задача	5 – 8	1	5 – 8

Итого: 60 - 100

### Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			зачет
-	60 - 100	зачтено	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр.
-	Ниже 60	Не зачтено	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

### Краткая характеристика оценочных средства

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</i>
1.	Лабораторное занятие	В ходе лабораторных работ студенты овладевают умениями пользоваться работать 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 лабораторных занятий; контрольные вопросы и задания по теме лабораторного занятия
2.	Кейс-задача	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.	Задания для решения кейс-задачи
3.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
6	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
7	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
8	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

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.**

Разработка моделей стационарных процессов и их решение численными методами.

(тема лабораторной работы)

- 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.**

Разработка моделей стационарных процессов и их решение асимптотическими методами.

(тема лабораторной работы)

- 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.**

#### *Разработка моделей нестационарных процессов и их решение численными методами.*

*(тема лабораторной работы)*

- 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.**

#### *Разработка моделей нестационарных процессов и их решение асимптотическими методами.*

*(тема лабораторной работы)*

- 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 №5.**

#### *Моделирование обратных задач тепло- и массопереноса.*

*(тема лабораторной работы)*

- 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 №6.**

#### *Оптимизация химико-технологических процессов методом моделирования.*

*(тема лабораторной работы)*

- 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 №7.**

#### *Разработка регрессионных моделей технологических процессов.*

*(тема лабораторной работы)*

- 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 №8.**

#### Разработка операторных и технологических схем типовых процессов химической технологии.

(тема лабораторной работы)

- 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 №9.**

#### Разработка моделей типовых элементов оборудования с помощью систем компьютерного моделирования технологическими процессами.

(тема лабораторной работы)

- 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	0,4	0,8
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	0,4	0,8
Выполнение необходимого эксперимента	0,4	0,8
Обработка результатов исследования, построение графиков	0,4	0,8

Анализ результатов исследования и вывод по работе	0,4	0,8
<b>ИТОГО :</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 2 балл, максимум в 4 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»

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)

### Тестовые задания

по дисциплине (модулю) «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(наименование дисциплины)

## Тема №2: Моделирование, как основной метод научного познания

### 1. Выберите важное свойство системы :

- ☒ делимость
- ☐ измеримость
- ☐ целостность
- ☐ относительность

### 2. Материальной моделью является:

- ☐ карта
- ☒ макет самолета
- ☐ диаграмма
- ☐ чертеж

### 3. К знаковой модели нельзя отнести

- ☐ ноты
- ☐ схему
- ☐ чертёж
- ☒ музыку

### 4. Информационной моделью, которая имеет сетевую структуру, является

- ☐ файловая система компьютера

- ☐ генеалогическое дерево семьи
- ☒ компьютерная сеть Интернет
- ☐ структура предприятия

**5. Предмет, процесс или явление, имеющее уникальное имя и представляющее собой единое целое, называют**

- ☐ формулой
- ☐ моделью
- ☒ объектом
- ☐ алгоритмом

**6. Процесс построения моделей называется:**

- ☐ конструирование
- ☒ моделирование
- ☐ проектирование
- ☐ экспериментирование

**7. Моделью объекта Автомобиль НЕ является**

- ☐ игрушка, выполненная в масштабе
- ☐ его чертежи
- ☒ рекламный ролик о нем
- ☐ математические формулы, использованные для его расчета

**8. Моделирование, в процессе которого реальному объекту противопоставляется его увеличенная или уменьшенная копия, именуют**

- ☐ идеальным
- ☐ формальным
- ☒ материальным
- ☐ ассоциативным

**9. Модели, в которых на основе анализа различных условий принимается решение, называются**

- ☐ графические
- ☒ логические
- ☐ табличные
- ☐ словесные

**10. Упорядочение информации по определенному признаку называется:**

- ☐ Моделированием
- ☐ Формализацией

- ☒ Сортировкой
- ☐ Систематизацией

**11. Общим название моделей, которые представляют собой совокупность полезной и нужной информации об объекте, является**

- ☒ информационные
- ☐ предметные
- ☐ словесные
- ☐ материальные

**12. Знаковой моделью является:**

- ☐ диаграмма
- ☐ глобус
- ☐ детские игрушки
- ☐ модель корабля

**13. Компьютерное моделирование - это :**

- ☐ процесс построения модели компьютерными средствами
- ☐ процесс исследования объекта посредством его компьютерной модели
- ☐ построение модели на экране компьютера
- ☐ решение конкретной задачи с помощью компьютера

**14. Моделирование — исследование каких-либо явлений, процессов или объектов путем**

- 1) проведения натурального эксперимента.
- 2) построения и изучения их моделей.
- 3) изучения их свойств на самих объектах, процессах или явлений.
- 4) построения их копий в натуральную величину.

**15. Под моделями понимаются**

- 1) некие идеальные объекты, к которым необходимо стремиться при изучении реального объекта.
- 2) особые объекты реального мира, которые допускают исследование своих свойств.
- 3) такие материальные системы, которые замещают объект исследования и служат источником информации о нем.
- 4) уменьшенные копии реальных объектов.

**16. Модели выступают такими аналогами оригиналов,**

- 1) которые абсолютно не схожи с оригиналом.
- 2) которые должны обязательно обеспечить геометрическое подобие.
- 3) сходство которых должно быть абсолютно полным.
- 4) сходство которых существенно, а различие не существенно.

**17. Модельное исследование имеет следующую структуру**

- 1) постановка задачи;

- 2) создание или выбор модели;
- 3) исследование модели;
- 4) в структуре не хватает одного элемента «перенос знания с модели на оригинал»

**18. По целям исследования моделей в процессе познания модели подразделяются на**

- 1) эвристические и дидактические модели.
- 2) естественные и искусственные модели.
- 3) знаковые и вещественно-технические модели
- 4) случайные и детерминированные.

**19. По способу воспроизведения в моделях информации об оригинале модели подразделяются на**

- 1) эвристические и дидактические модели.
- 2) знаковые и вещественно-технические модели.
- 3) естественные и искусственные модели.
- 4) случайные и детерминированные.

**20. По степени участия человека в создании моделей модели подразделяются на**

- 1) эвристические и дидактические модели.
- 2) знаковые и вещественно-технические модели.
- 3) естественные и искусственные модели.
- 4) случайные и детерминированные.

**21. По фактору времени модели подразделяются на**

- 1) эвристические и дидактические модели.
- 2) случайные и детерминированные.
- 3) непрерывные и дискретные.
- 4) статические и динамические.

**22. По фактору неопределенности модели подразделяются на**

- 1) случайные и детерминированные.
- 2) эвристические и дидактические модели.
- 3) непрерывные и дискретные.
- 4) статические и динамические.

**23. По фактору непрерывности моделируемых процессов модели подразделяются на**

- 1) случайные и детерминированные.
- 2) непрерывные и дискретные.
- 3) эвристические и дидактические модели.
- 4) статические и динамические.

**24. По типу связи между моделируемыми элементами модели подразделяются на**

- 1) случайные и детерминированные.
- 2) непрерывные и дискретные.
- 3) линейные и нелинейные.
- 4) статические и динамические.

**25. Показанная на рисунке схема процесса моделирования**

- 1) построена правильно.
- 2) не должна содержать ветвления.
- 3) включает лишний блок – «формализованное описание».
- 4) должна замкнуться на реальный объект.

**26. Показанная на рисунке схема процесса моделирования**

- 1) за блоком «верификация» должна иметь ветвление, которое обеспечивает итерацию.
- 2) не должна замыкаться на реальный объект.
- 3) включает лишний блок – «результаты».
- 4) построена правильно.

**27. Во втором блоке схемы процесса моделирования пропущено:**

- 1) декомпозиция.
- 2) вербальная модель.
- 3) структурный анализ.
- 4) геометрическая модель.

**Критерии оценки:**

Процент правильных ответов на вопросы теста	оценка
< 60%	0
> 60% , но < 74 %	4
> 74% , но < 87 %	5
> 87 %	6

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 ресурсо- сберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Машины и аппараты химических производств»

(наименование)

### **Кейс-задача**

по дисциплине (модулю) «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(наименование дисциплины)

### **Тема №9. Компьютерное моделирование и программно-информационные системы моделирования химико-технологических систем**

#### **Задание**

#### **Проблемно-ориентированная ситуация:**

Структурный анализ и оптимизация с помощью программно-информационных средств моделирования позволили разработать технологическую схему ХТС. Необходимо на основе технологической схемы, используя векторный графический редактор или подходящую систему моделирования, составить операторную схему ХТС :

Варианты:

- 1) производства водорода конверсией метана.
- 2) производства азото-водородной смеси конверсией метана.
- 3) производства аммиака конверсией азото-водородной смеси.
- 4) производства разбавленной азотной кислоты.
- 5) производства и очистки сернистого газа.
- 6) производства серной кислоты из очищенного сернистого газа.
- 7) поточного производства гранулированного суперфосфата.
- 8) производства аммиачной селитры.
- 9) производства карбамида.
- 10) производства метанола из синтез-газа.
- 11) производства этанола каталитической гидратацией этилена.
- 12) дегидрирования бутана в бутилен.
- 13) дегидрирования бутиленов в дивинил.



- 14) установки каталитического крекинга.
- 15) установки гидроочистки бензина.
- 16) установки гидроочистки вакуумных дистиллятов.
- 17) установки получения серы из сероводорода по методу Клауса.
- 18) установки каталитического риформинга.
- 19) установки изомеризации фракции н.к.-62<sup>0</sup>С.
- 20) установки одноступенчатого гидрокрекинга.

**Критерии оценки:**

**Критерий максимальной оценки – 8 баллов:**

- 1) Задача решена в полном объеме;
- 2) Операторная схема ХТС построена без ошибок;
- 3) Для синтеза схемы использована система моделирования или векторный графический редактор;
- 4) Операторная схема сопровождается подробным текстовым описанием;
- 5) Компоновка схемы выполнена наглядно и однозначно.
- 6) полученное решение успешно защищено во время публичного обсуждения в группе.

**Критерий оценки на 6,5 балла:**

- 1) Задача решена в полном объеме;
- 2) Операторная схема ХТС построена с некоторыми ошибками;
- 3) Для синтеза схемы использован простой графический редактор;
- 4) Операторная схема сопровождается неполным текстовым описанием;
- 5) Компоновка схемы выполнена не столь наглядно и однозначно.
- 6) полученное решение хорошо защищено во время публичного обсуждения в группе.

**Критерий минимальной оценки – 5 балла:**

- 1) Задача решена в неполном объеме;
- 2) Операторная схема ХТС построена со значительными ошибками;
- 3) Схемы построена без использования средств моделирования или графического редактора;
- 4) Операторная схема сопровождается текстовым описанием, содержащим значительные ошибки;
- 5) Компоновка схемы выполнена неэффективно и не всегда однозначно.
- 6) полученное решение удовлетворительно защищено во время публичного обсуждения в группе.

**Критерий оценки «неудовлетворительно»:**

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в том случае, если не выполнен хотя бы один пункт критериев минимальной оценки.

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 (модулю) «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(наименование дисциплины)

### **Контрольная работа №1**

#### **Тема №7: Методы решения математических моделей процессов химико-технологических систем.**

Контрольная работа предназначена для определения степени усвоения студентами численных и асимптотических методов решения математических моделей тепловых и массообменных процессов химико-технологических систем.

#### **Задание**

Средствами VBA MS Excel разработайте алгоритм решения математической модели для исследования процесса охлаждения пластины из заданного материала при симметричном конвективном теплообмене с боковых поверхностей.

#### **Требования:**

1. Используя средства VBA MS Excel, разработайте экранную форму для ввода заданных параметров.
2. Разместите на этой же форме командную кнопку и создайте процедуру – обработчик нажатия на эту кнопку.
3. Используя математическую модель теплообменного процесса с граничными условиями конвективного теплообмена пластины со средой, разработайте численный или асимптотический способ ее решения.
4. На основе полученного решения разработайте алгоритм программы для моделирования заданного процесса.
5. Запустите программу на выполнение. Если она работает без ошибок, вы получите на листе MS Excel таблицу для построения эпюры температур на половине толщины пластины с интервалом 100 секунд.
6. По данным полученной таблицы, с помощью мастера диаграмм MS Excel постройте 6 эпюр для различных интервалов времени на ОДНОЙ диаграмме.

Тип графика – точечный.

Вы должны получить диаграмму, похожую на ту, что изображена на рисунке

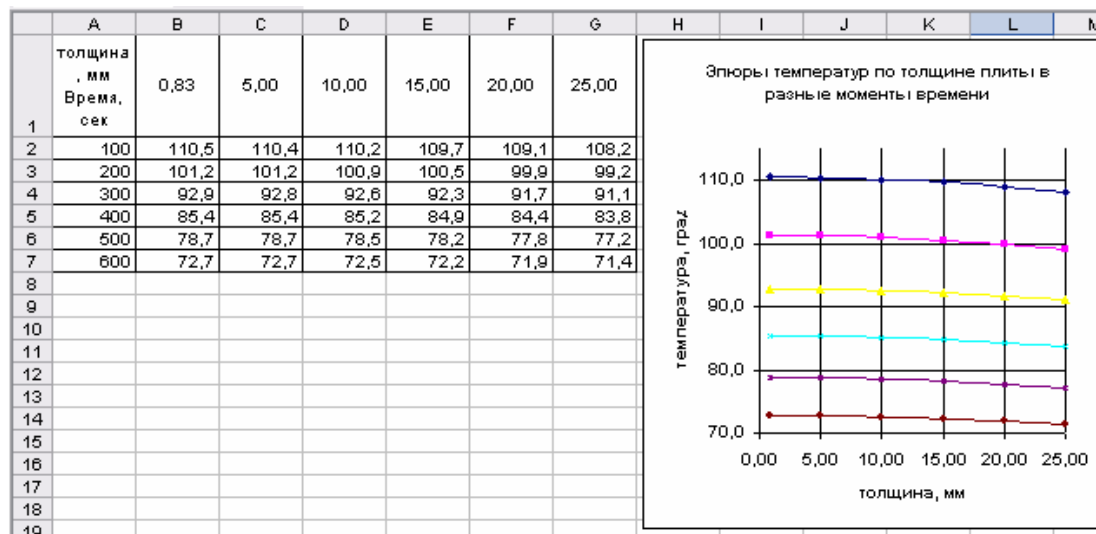


Рисунок. Возможный вариант представления результата моделирования

### Вариант 1

Материал пластины – Кварцевое стекло

Толщина – 0,05 м.

Плотность материала – 2200 кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент теплопроводности – 1,36

Теплоемкость материала – 729

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20

Начальная температура пластины – 120 град

Температура среды – 20 град

### Вариант 2

Материал пластины – Латунь

Толщина – 0,05

Плотность материала – 8600

Коэффициент теплопроводности – 111

Теплоемкость материала – 385

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20

Начальная температура пластины – 120 град

Температура среды – 20 град

### Вариант 3

Материал пластины – Медь

Толщина – 0,05

Плотность материала – 8960

Коэффициент теплопроводности – 384

Теплоемкость материала – 385

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20

Начальная температура пластины – 120 град

Температура среды – 20 град

#### **Вариант 4**

Материал пластины – Пробка

Толщина – 0,05

Плотность материала – 150

Коэффициент теплопроводности – 0,05

Теплоемкость материала – 1380

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20

Начальная температура пластины – 120 град

Температура среды – 20 град

#### **Вариант 5**

Материал пластины – Молибден

Толщина – 0,05

Плотность материала – 10200

Коэффициент теплопроводности – 150

Теплоемкость материала – 251

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20

Начальная температура пластины – 120 град

Температура среды – 20 град

#### **Вариант 6**

Материал пластины – Никель

Толщина – 0,05

Плотность материала – 8900

Коэффициент теплопроводности – 75,5

Теплоемкость материала – 448

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20

Начальная температура пластины – 120 град

#### **Вариант 7**

Материал пластины – Стекло

Толщина – 0,05

Плотность материала – 2500

Коэффициент теплопроводности – 0,97

Теплоемкость материала – 779

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20

Начальная температура пластины – 120 град

#### **Вариант 8**

Материал пластины – Алюминий

Толщина – 0,05

Плотность материала – 2700

Коэффициент теплопроводности – 209

Теплоемкость материала – 896

Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20  
Начальная температура пластины – 120 град  
Температура среды – 20 град

### **Вариант 9**

Материал пластины – Цинк  
Толщина – 0,05  
Плотность материала – 7133  
Коэффициент теплопроводности – 110  
Теплоемкость материала – 389  
Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20  
Начальная температура пластины – 120 град  
Температура среды – 20 град

### **Вариант 10**

Материал пластины – Бетон  
Толщина – 0,05  
Плотность материала – 2200  
Коэффициент теплопроводности – 1,5  
Теплоемкость материала – 920  
Коэффициент теплообмена между пластиной и воздухом – 20  
Начальная температура пластины – 120 град  
Температура среды – 20 град

### **Критерии оценки:**

#### **Критерий максимальной оценки на 8 баллов:**

Выполнены все требования задания к работе. Выбрана соответствующая задаче математическая модель. Правильно сформулированы краевые (начальные, граничные) условия модели процесса. Грамотно выполнен подбор метода решения. Без ошибок разработан алгоритм решения задачи. Текст разработанной программы в полной мере соответствует разработанному алгоритму. Выполнена верификация модели и тестирование программы. С помощью модели произведен вычислительный эксперимент. Полученные результаты представлены в наглядной форме. Сделаны правильные выводы по результатам моделирования.

#### **Критерий оценки на 6,5 баллов:**

Выполнены все требования задания к работе. Выбрана соответствующая задаче математическая модель. Правильно сформулированы краевые (начальные, граничные) условия модели процесса. Выполнен подбор не самого эффективного метода решения. В алгоритме решения задачи имеются несущественные ошибки. Текст разработанной программы несколько не соответствует разработанному алгоритму. Не совсем корректно выполнена верификация модели и тестирование программы. С помощью модели произведен вычислительный эксперимент. Полученные результаты представлены в наглядной форме, но не совсем удобны для последующего

анализа. В большей части сделаны правильные выводы по результатам моделирования.

#### **Критерий минимальной оценки на 5 баллов:**

Выполнены не все требования задания к работе. Выбрана не вполне соответствующую задаче математическая модель. В формулировке краевых (начальных, граничных) условий модели процесса имеются ошибки. Некорректно выполнен подбор метода решения. В алгоритме решения задачи имеются недочеты. Текст разработанной программы в некоторой степени не соответствует разработанному алгоритму. Не выполнена верификация модели или тестирование программы. С помощью модели произведен вычислительный эксперимент. Полученные результаты представлены в графической форме, однако их наглядность невысока. Сделаны выводы по результатам моделирования, но в их формулировке имеются ошибки.

#### **Критерий оценки «неудовлетворительно»:**

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

### **Контрольная работа №2**

#### **Тема №6: Использование методов оптимизации при моделировании энерго- и ресурсосберегающих производств**

Контрольная работа предназначена для определения степени усвоения студентами методов оптимизации тепловых и массообменных процессов, протекающих в аппаратах химической технологии на основе регрессионных моделей.

#### **Задание**

Подобрать оптимальные параметры работы химического реактора на основе разработки регрессионной модели протекающего в нем процесса. Оптимизацию выполнить на основе градиентного метода. В качестве модели регрессии выбрать уравнение первого порядка. Оценить значимость коэффициентов уравнения. Выполнить проверку адекватности модели. Используя построенную модель определить оптимальные параметры процесса. Измерения выполнить с помощью лабораторного стенда «RegreF4».

#### **Варианты работы**

Контрольная работа сопряжена с комплексом измерений на лабораторном стенде. При их выполнении каждый студент сам выбирает исходные значения для работы. Это позволяет получить уникальный набор исходных данных для выполнения контрольной работы, определяющий ее вариант.

#### **Критерии оценки:**

#### **Критерий максимальной оценки на 8 баллов:**

Выполнены все требования задания к работе. Выбрана соответствующая задаче математическая модель. Правильно выбраны исходные значения факторов, оказывающих влияние на результат процесса. Грамотно выполнен начальный

этап моделирования, связанный с измерениями на стенде. Без ошибок разработан алгоритм построения регрессионной модели. Выполнена проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Выполнена проверка модели на адекватность. С помощью модели произведен поиск оптимальных условий работы аппарата. Полученные результаты представлены в наглядной форме. Сделаны правильные выводы по результатам моделирования.

**Критерий оценки на 6,5 баллов:**

Выполнены все требования задания к работе. Выбрана соответствующая задаче математическая модель. С некоторыми ошибками выбраны исходные значения факторов, оказывающих влияние на результат процесса. В целом правильно выполнен начальный этап моделирования, связанный с измерениями на стенде. С незначительными ошибками разработан алгоритм построения регрессионной модели. Выполнена проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Выполнена проверка модели на адекватность. С помощью модели произведен поиск оптимальных условий работы аппарата, однако найденное решение не является наилучшим. Полученные результаты представлены в наглядной форме. Сделаны выводы по результатам моделирования, однако в них допущены некоторые логические ошибки.

**Критерий минимальной оценки на 5 баллов:**

Выполнены не все требования задания к работе. Не совсем верно выбрана соответствующая задаче математическая модель. Исходные значения факторов, оказывающих влияние на результат процесса заданы не вполне корректно. Со значительными ошибками выполнен начальный этап моделирования, связанный с измерениями на стенде. Разработан не самый эффективный алгоритм построения регрессионной модели. Выполнена проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Выполнена проверка модели на адекватность. Степень адекватности модели невысока. С помощью модели произведена попытка поиска оптимальных условий работы аппарата. Полученные результаты представлены в наглядной форме. Сделана попытка формулирования выводов по результатам моделирования.

**Критерий оценки «неудовлетворительно»:**

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

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 выполнения расчетно-графической работы**  
по дисциплине (модулю) «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(наименование дисциплины)

## **Тема №8: Моделирование аппаратов химической технологии**

### **Задание**

#### **Вариант 1**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, функционирующего в соответствие с моделью идеального вытеснения.

#### **Вариант 2**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, функционирующего в соответствие с моделью идеального смешения.

#### **Вариант 3**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, функционирующего в соответствие с ячеечной моделью.

#### **Вариант 4**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, функционирующего в соответствие с диффузионной моделью.



### **Вариант 5**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, функционирующего в соответствие с рециркуляционной моделью.

### **Вариант 6**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, функционирующего в соответствие со смешанной моделью.

### **Вариант 7**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, в котором реализуется массообменный процесс, описываемый на основе детерминированного подхода.

### **Вариант 8**

Используя возможности программирования графики в среде Visual Basic разработайте наглядно-графическую модель с элементами анимации для описания поведения химического аппарата, в котором реализуется массообменный процесс, описываемый на основе стохастического подхода.

### **Критерии оценки:**

#### **Критерий максимальной оценки на 8 баллов:**

Выполнены все требования задания к работе. Выбрана соответствующая задаче математическая модель. Правильно выбраны исходные значения факторов, оказывающих влияние на результат процесса. Без ошибок разработан алгоритм построения графической модели. Разработан текст программы и грамотно выполнено программирование алгоритма. Эффективно проведено тестирование программы. Предусмотрена возможность масштабирования времени. Полученные результаты представлены в наглядной форме. Анимация выполняется в полном соответствии с заданным типом модели аппарата. Сделаны правильные выводы по результатам работы.

#### **Критерий оценки на 6,5 баллов:**

Выполнены все требования задания к работе. Выбрана соответствующая задаче математическая модель. С незначительными ошибками выбраны исходные значения факторов, оказывающих влияние на результат процесса. Разработан не самый эффективный алгоритм построения графической модели. Разработан текст программы и с незначительными ошибками выполнено программирование алгоритма. В целом правильно проведено тестирование программы. Возможность масштабирования времени в программе не предусмотрено.

Полученные результаты представлены в наглядной форме. Анимация выполняется, практически, в полном соответствии с заданным типом модели аппарата. Сделаны выводы по результатам работы, в которых допущены незначительные ошибки.

**Критерий минимальной оценки на 5 баллов:**

Выполнены не все требования задания к работе. Выбрана не вполне корректная для решаемой задачи математическая модель. Со значительными ошибками выбраны исходные значения факторов, оказывающих влияние на результат процесса. Разработан неэффективный алгоритм построения графической модели. В алгоритме допущены ошибки. Разработан текст программы и со значительными ошибками выполнено программирование алгоритма. Тестирование программы проведено поверхностно. Возможность масштабирования времени в программе не предусмотрено. Полученные результаты представлены в наглядной форме. Анимация выполняется не в полном соответствии с заданным типом модели аппарата. Сделаны выводы по результатам работы, в которых допущены значительные ошибки.

**Критерий оценки «неудовлетворительно»:**

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

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 (модулю) «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(наименование дисциплины)

#### **Тема №3. Проблемы и пути развития энерго- и ресурсосберегающих технологий**

1. Математические модели реакторов емкостного типа с перемешиванием.
2. Математические модели реакторных процессов в реакторах змеевикового типа.
3. Математические модели процессов абсорбции в абсорберах различного типа.
4. Математические модели процессов ректификации в тарельчатых и насадочных колоннах.
5. Математические модели процессов экстракции в колонных и емкостных аппаратах.
6. Алгоритмы оптимального управления.
7. Технические средства реализации структуры управления с использованием алгоритмов оптимального управления.
8. Составление моделей кинетики гомогенных химических реакций.
9. Составление моделей гомогенных химических реакторов.
10. Разработка математических моделей тепловых процессов.
11. Применение статистических методов обработки экспериментальных данных.
12. Разработка математических моделей экспериментально- статистическими методами.

#### **Тема №4. Моделирование процессов химико-технологических систем на основе уравнений балансов потоков масс**

- 1) Математическая модель процесса «газ – жидкость» и выражение для наблюдаемой скорости превращения.
- 2) Скорость превращения процесса «газ – жидкость» в разных режимах.

- 3) Возможное уменьшение скорости превращения в процессе «газ – жидкость» при повышении температуры.
- 4) Скорость превращения в процесс «газ – жидкость» в разных режимах его протекания.
- 5) Катализ и катализатор. Влияние катализатора на равновесие в химической реакции.
- 6) Математическая модель процесса в пористом плоском зерне катализатора. Граничные условия уравнения модели процесса.
- 7) На основе математической модели процесса в пористом плоском зерне катализатора - распределение относительной концентрации в зерне и наблюдаемая скорость превращения.
- 8) Степень использования внутренней поверхности катализатора. Параметры, от которых она зависит.
- 9) Влияние концентрации, температуры, размера зерен катализатора и скорости потока на скорость гетерогенно-каталитического процесса.
- 10) Математическая модель процесса на поверхности раздела фаз («газ – твердое», каталитический процесс) с учетом теплового эффекта реакции и связь концентрации (степени превращения) и температуры поверхности.
- 11) Графический способ определения температуры поверхности в гетерогенном процессе.
- 12) Неоднозначность стационарного режима.
- 13) Общий подход к построению математической модели процесса в химическом реакторе. Балансовые уравнения процесса в реакторе в общем виде.
- 14) Элементарный объем, для которого составляются балансовые уравнения процесса в реакторе. Элементарный объем для емкостного реактора с мешалкой.
- 15) Подобие математических моделей разных процессов («газ – твердое» и на непористом зерне катализатора, в трубчатом реакторе и непроточном емкостном, в реакторе барботажном и с псевдоожиженным слоем, в газожидкостном насадочном реакторе и во вращающемся с твердым реагентом).
- 16) Признаки классификации химического процесса и химического реактора могут быть использованы при анализе процесса в химическом реакторе.
- 17) Подобие и различие процесса в реакторах идеального смешения периодическом и идеального вытеснения.
- 18) Предельное превращение, которое можно получить в реакторе идеального смешения периодическом при протекании обратимой реакции. Математическая модель и графическое решение.
- 19) Предельное превращение в реакторе идеального смешения периодическом при протекании обратимой реакции. Математическая модель и графическое решение.
- 20) Математическая модель процесса в реакторе идеального вытеснения при протекании сложной реакции: а) с параллельной схемой превращения; б) с последовательной схемой превращения.
- 21) Изменение концентрации вещества по объему проточного реактора идеального смешения.
- 22) Причины отклонения режимов в промышленных реакторах от режимов идеального смешения и вытеснения.

23) Типы процессов, для которых целесообразны реакторы в режимах: а) идеального смешения периодическом; б) идеального смешения проточном; в) идеального вытеснения.

### **Критерии оценки:**

**Минимальное** число баллов – 4 балла 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 – 6 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 для собеседования**

по дисциплине (модулю) «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(наименование дисциплины)

#### **Тема №1. Введение**

- 1) Различные формы представления модели.
- 2) Моделирование при исследовании технологических процессов.
- 3) Итеративный характер процесса моделирования.
- 4) Классификация моделей.
- 5) Математическая модель процесса.
- 6) Класс детерминированных моделей.
- 7) Класс стохастических моделей.
- 8) Математическая модель теплообменного процесса.
- 9) Математическая модель массообменного процесса.
- 10) Математические модели краевых задач.
- 11) Математические модели обратных задач тепло- и массопереноса.
- 12) Аналитическое решение математических моделей химико-технологических процессов.
- 13) Численное решение математических моделей химико-технологических процессов.
- 14) Асимптотическое решение математических моделей химико-технологических процессов.
- 15) Верификация и адекватностью модели.
- 16) Алгоритм проверки адекватности модели.
- 17) Модель идеального смешения химико-технологического процесса.
- 18) Модель идеального вытеснения химико-технологического процесса.
- 19) Диффузионная модель химико-технологического процесса.
- 20) Ячеечная модель химико-технологического процесса.

#### **Тема №5. Моделирование процессов химико-технологических систем на**

## основе уравнений баланса потоков энергии

- 1) Расскажите о различных способах организации теплообмена в химическом реакторе.
- 2) Возможные температурные режимы протекания реакции и тепловые режимы процесса в реакторе. Покажите схемы реакторов, в которых осуществляются такие режимы.
- 3) Модель процесса идеального вытеснения с теплоотводом из зоны реакции. Параметры от которых зависят показатели процесса.
- 4) Величина адиабатического разогрева. Почему этот параметр лучше характеризует влияние реакции на температурный режим технологического процесса, чем теплота реакции?
- 5) Как будет меняться степень превращения и температура в реакторе идеального вытеснения при протекании адиабатического процесса. Сопоставьте эти изменения с изотермическим процессом.
- 6) В каком режиме адиабатического реактора (идеального вытеснения или идеального смешения) температура на выходе будет больше? Обоснуйте ответ.
- 7) Производительность какого из реакторов будет больше: идеального вытеснения или идеального смешения при протекании адиабатического процесса? Обоснуйте ответ.
- 8) Как меняется температура в трубчатом реакторе с теплообменом, осуществляемом через стенку при протекании: а) экзотермической реакции; б) эндотермической реакции?
- 9) В чем особенность температурного режима в проточном реакторе идеального смешения при протекании адиабатического процесса?
- 10) Что такое стационарный режим, устойчивый стационарный режим? В каком типе реактора может проявиться явление неустойчивости стационарного режима?
- 11) Как организован процесс в автотермическом реакторе? В чем особенность его режима?
- 12) При увеличении температуры на 10 градусов константа скорости реакции возросла в два раза. На сколько надо изменить длину реактора идеального вытеснения, чтобы получить то же превращение. Подтвердите это с помощью математической модели и изобразите графически.
- 13) Какова оптимальная теоретическая температура для необратимой и обратимой (экзо- и эндотермических) химических реакций.
- 14) Сформулируй задачу оптимизации последовательности жидкофазных реакторов с мешалками и решите ее (реакция первого порядка, температуры в реакторах одинаковые).

### Критерии оценки:

**Максимальное** число баллов – 8 баллов выставляется если собеседование протекает при активном обмене информацией между студентами и преподавателем; вопросы и ответы следуют с обеих сторон; ответы полноценные и развернутые; во время собеседования студенты поднимают интересные и оригинальные проблемы.

**Минимальное** число баллов – 5 балла выставляется при преимущественно однонаправленном потоке информации; ответы студентов односложные и без разъяснений; вопросы носят тривиальный характер; во время беседы практически не поднимаются острые проблемы и не приводятся в качестве примеров практические ситуации.