

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

04 \_\_\_\_\_ 2021 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

Б1.В.ДВ.01.02 Моделирование процессов химической технологии  
(наименование дисциплины)

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Автоматизированные системы обработки информации и управления

бакалавр  
квалификация

Очная, очно-заочная  
форма обучения

Нижнекамск, 2021 г.

Составитель ФОС:

доцент  
(должность)



(подпись)

А.В. Садыков  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ИСТ,  
протокол от 15.03.2021г. № 7

Зав. кафедрой  
(подпись)

(Ф.И.О.)

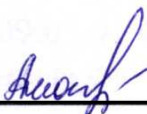


(подпись)

О.В.Матухина

Эксперт:

Руководитель ООП



Л.А. Амаева

**Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины**

ПК-3 Способен осуществлять оптимизацию функционирования базы данных.

ПК-3.1 Знает методы оптимизации функционирования баз данных, являющихся частью различных информационных систем

ПК-3.2 Умеет осуществлять оптимизацию функционирования баз данных, являющихся частью различных информационных систем

ПК-3.3 Владеет навыками оптимизации функционирования баз данных, являющихся частью различных информационных систем

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД) (Очная / очно-заочная форма)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические Занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9 / Тема 1-6	<b>Не предусмотрены</b>	Тема 1-8 / Тема 1-8	<b>Не предусмотрены</b>	Текущий контроль, лабораторная работа № 1-8, зачет с оценкой
ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9 / Тема 1-6	<b>Не предусмотрены</b>	Тема 1-8 / Тема 1-8	<b>Не предусмотрены</b>	Текущий контроль, лабораторная работа № 1-8, зачет с оценкой

**Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)**  
(Очная / очно-заочная форма)

<b>Лабораторный практикум, самостоятельная работа</b>		
Лабораторная работа	Балл	
	Очная форма	очно-заочная форма
	7 семестр	8 семестр
№1	6 – 10	6 – 10
№2	6 – 10	6 – 10
№3	6 – 10	6 – 10
№4	6 – 10	6 – 10
№5	6 – 10	6 – 10
№6	6 – 10	6 – 10
№7	10 – 16	10 – 16
№8	6 – 12	6 – 12
Текущий контроль	8 -12	8 - 12
ИТОГО	60-100	60-100

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	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	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
4	73 - 86	Хорошо (зачтено)	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 - 72	Удовлетворительно (зачтено)	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 (не зачтено)	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	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

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 информационных технологий  
Кафедра ИСТ

Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника  
(код и наименование)

Программа: Автоматизированные системы обработки информации и управления

Комплект лабораторных работ  
по дисциплине «Моделирование процессов химической технологии»

Очная форма, очно-заочная форма  
Лабораторная работа №1

Тема: «Особенности моделей и задач математического моделирования».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. В модели Ван-дер-Ваальса

$$p = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

параметр  $a$  характеризует интенсивность межмолекулярного взаимодействия; параметр  $b$  – объем, занимаемый молекулами.

Наиболее точные значения параметров для  $\text{CO}_2$  таковы:  $a=0,3652 \text{ Па}\cdot\text{м}^6/\text{моль}$ ;  $b=4,28\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ . По опытным данным получены ошибочные значения:  $a=0,5755$ ;  $b=10^{-4}$ . Сравнить расчет давления  $p$ , МПа при верных и ошибочных значениях параметров, а также расчет в приближении идеального газа.

3. Функция задана таблично

$x_i$	7,2	8,9	10,7	15,6	18,9	22,7	24,1
$y_i$	3,4	4,4	5,5	7,5	9,9	10,1	11,1

Построить аппроксимирующую прямую  $y = a_1x + a_2$ , используя метод наименьших квадратов (решить сначала вручную, затем в табличном процессоре Excel).

4. Экспериментатор изучал зависимость отклика  $y$  от фактора  $x$ . Получены следующие данные:

$x_i$	-2	-1	0	1	2
$y_i$	5,21	7,47	10,95	13,67	13,32

В результате обработки с помощью метода наименьших квадратов (м.н.к.) им получено уравнение

$$y = 10,124 + 2,242x.$$

Неопытный исследователь решил получить более точное описание, применив многочлен 4-й степени. Он получил уравнение

$$y = 10,95 + 3,4575x - 0,36625x^2 - 0,3675x^3 - 0,001375x^4.$$

Сравнить результаты вычислений по этим уравнениям. Каковы результаты экстраполяции до значений  $x = \pm 3$  ?

5. Для таблично заданной функции

$x_i$	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1
$y_i$	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,49

найти аппроксимирующую функцию в виде квадратного трехчлена.

6. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №2

**Тема:** «Моделирование работы изотермического процесса».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.

2. Изотермическая реакция  $A \xrightarrow{k_1} B \xrightleftharpoons[k_3]{k_2} C$

осуществляется в реакторе с гидродинамикой, описываемой моделью идеального вытеснения.  $k_1, k_2, k_3$  - константы скоростей частных реакций. Расход сырья  $v$ , м<sup>3</sup>/ч. Реакции 1, 2 – первого порядка, реакция 3 – второго порядка. Построить математическую модель реактора.

3. Для условий задачи 1 определить длину реактора  $X_p$ , при которой обеспечивается максимальный выход продукта (целевого компонента  $B$ ) и диаметр реактора  $d$ .

Разработать алгоритм расчета. Использовать метод последовательных приближений.

4. Алгоритм расчета задачи 3 реализовать в виде программы. Провести расчеты с помощью программы с конкретными исходными данными.

5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №3

**Тема:** «Расчет комбинированной модели реактора».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.

2. В реакторе, описываемом комбинированной гидродинамической моделью, протекает изотермическая реакция первого порядка  $A \xrightarrow{k} B$ ,

где  $k$  - константа скорости реакции. Начальная концентрация компонента  $A$  в сырье  $C_{A0} = 200$  г/л. Для оценки структуры овортока в реакторе для реактора получена функция отклика на импульсное возмущение. Необходимо рассчитать состав реакционной смеси на выходе из реактора.

Для решения задачи необходимо:

- установить структуру потоков в реакторе;
- предложить модель комбинированной гидродинамики для совокупности типовых элемен-

- тов, эквивалентной реальной гидродинамике реактора;
- разработать модель каждого типового элемента схемы;
  - численно определить параметры каждого типового элемента гидродинамической модели;
  - разработать обобщенную модель процесса, протекающего в реакторе, с учетом как гидродинамики, так и кинетики химического процесса.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

#### Лабораторная работа №4

**Тема:** «Расчет фазового равновесия».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Требуется рассчитать температуру равновесия парожидкостной смеси  $t$  и состав паровой фазы  $Y_i$  для многокомпонентной смеси с известным составом жидкой фазы  $X_i$ . Уравнение равновесия в данном случае имеет вид

$$\sum_{i=1}^N Y_i = \sum_{i=1}^N X_i K_i = 1,$$

где  $N$  – число компонентов смеси;  $K_i$  – константы фазового равновесия ( $K_i = f(t)$ ).

$$K_i = \frac{10^{A_i - \frac{B_i}{C_i + t}}}{P},$$

где  $A_i, B_i, C_i$  – константы уравнения Антуана для расчета давления насыщенных паров;  $P$  – давление системы.

Известны численные значения  $N, X_i, A_i, B_i, C_i, P$ .

Задачу подбора температуры по уравнению равновесия

$$\sum_{i=1}^N \frac{X_i \cdot 10^{A_i - \frac{B_i}{C_i + t}}}{P} = 1$$

можно свести к типовому алгоритму поиска корня нелинейного алгебраического уравнения

$$\sum_{i=1}^N \frac{X_i \cdot 10^{A_i - \frac{B_i}{C_i + t}}}{P} - 1 = 0,$$

например, методом половинного деления.

С целью автоматического выбора граничных температур  $T1$  и  $T2$ , соответствующих температурам кипения компонентов смеси с наименьшей и наибольшей температурой кипения, целесообразно в начале расчета автоматически определить границы области исследования  $T1$  и  $T2$ :

$$t_{\text{кип}i} = \frac{B_i}{A_i - \lg P} - C_i.$$

3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

#### Лабораторная работа №5

**Тема:** «Уравнение регрессии с одним фактором».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Функция задана таблично



$x_i$	7,1	8,8	10,7	15,6	18,9	22,7	24,1
$y_i$	3,3	4,3	5,5	7,5	9,9	10,1	11,1

Построить аппроксимирующую прямую  $y = a_1x + a_2$ , используя метод наименьших квадратов (решить сначала вручную, затем в табличном процессоре Excel).

3. Для таблично заданной функции

$x_i$	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$y_i$	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48

найти аппроксимирующую функцию в виде квадратного трехчлена.

4. Опытные данные заданы таблицей

$x_i$	1,1	1,7	2,4	3,0	3,7	4,5	5,1	5,8
$y_i$	0,3	0,6	1,1	1,7	2,3	3,0	3,8	4,5

Аппроксимировать эти данные сначала линейной функцией  $y = a_1x + a_2$ , затем степенной функцией  $y = cx^m$ . Установить, какое из двух приближений лучше.

5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №6

**Тема:** «Метод множественной корреляции».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Необходимо получить зависимость степени извлечения серной кислоты  $y$  из травильных растворов от следующих факторов:  $x_1$  -концентрации  $H_2SO_4$  в исходном растворе;  $x_2$  – концентрации сульфата железа;  $x_3$  –объемное соотношение спирт-кислота. Исходным статистическим материалом служит выборка объемом  $N$  в 35 измерений, полученная в результате эксперимента.

Зависимость ищем в виде линейного уравнения регрессии

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3.$$

3. Вывести систему нормальных уравнений для случая 4-х факторов.
4. Составить программу для решения задачи из пункта 2 и реализовать с конкретными исходными данными.
5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №7

**Тема:** «Метод множественной регрессии Брандона».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Установить зависимости расхода флегмы в ректификационной колонне разделения широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) от состав ШФЛУ методом Брандона.

В результате проведения пассивного эксперимента получен следующий статистический материал:

№	Состав питания, кг/ч							Расход флегмы, кг/ч
	этан	пропан	изобутан	бутан	изопентан	пентан	гексан	
1	103,5	3420,8	9574,5	14414,8	5748,7	6361,3	1860,6	18700,0

2	106,0	3891,4	6812,0	14185,4	4636,0	4703,6	3788,6	19450,0
3	110,0	7673,0	6358,0	12811,5	4465,5	3619,5	3858,5	23450,0
4	65,0	5843,5	4235,0	12358,5	5505,5	4412,9	6198,5	17701,0
5	65,0	2215,0	4482,5	8965,0	4507,5	4945,5	2697,5	11070,0
6	242,5	6572,5	8202,5	16745,0	4080,0	3492,5	3075,0	22090,0
7	60,5	3370,0	7965,0	15390,0	4275,0	5170,0	8765,0	17207,0

3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

### Лабораторная работа №8

**Тема:** «Обработка результатов активных экспериментов».

**Задание:**

1. Изучить теоретический материал.

2. Изучается влияние на выход продукта у трех факторов: температуры  $T$  в диапазоне 100 – 200 °С, давления  $P$  в диапазоне 2 – 6 МПа (20 – 60 кгс/см<sup>2</sup>) и времени пребывания  $t$  в диапазоне 10 – 30 мин. Верхний уровень по температуре  $z_1^{\max} = 200$  °С, нижний  $z_1^{\max} = 100$  °С,  $z_1^0 = 150$  °С,  $\Delta z_1 = 50$  °С.

Записать кодированную матрицу планирования  $2^3$  и результаты эксперимента. Решить задачу методом ПФЭ.

Вычислить критерии Фишера, Стьюдента. Проверить адекватность уравнения регрессии.

3. Подготовить отчет по лабораторной работе.