

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

«12» 04 2021г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

Б1.В.ДВ.09.02 Моделирование систем управления

(наименование дисциплины)

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

бакалавр

Очная, заочная

Нижнекамск, 2021 г.

Составитель ФОС:

доцент
(должность)

(подпись)

А.В. Садыков
(Ф.И.О)

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

Зав. кафедрой

(подпись)

О.В. Матухина
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП

Ф.И.О., должность, организация, подпись

(подпись)

Л.А. Амаева

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

ПК-2 способность выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий;

ПК-19 способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами;

ПК-20 способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций;

ПК-21 способность составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.

Индикаторы достижения компетенции	Этапы формирования в процессе освоения дисциплины (указать все темы из РПД) (Очная / очно-заочная)				Наименование оценочного средства
	Лекции	Практические Занятия, лабораторные практикум	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)	
ПК-2	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9 / Темы 1-9	Не предусмотрены	Темы 1-14 / Темы 1-7	Не предусмотрены	Текущий контроль, лабораторные работы, экзамен
ПК-19	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9 / Темы 1-9	Не предусмотрены	Темы 1-14 / Темы 1-7	Не предусмотрены	Текущий контроль, лабораторные работы, экзамен

ПК-20	Темы 1-9 / Темы 1-9	<i>Не предусмотре ны</i>	Темы 1-14/ Темы 1-7	<i>Не предусмотрен ы</i>	Текущий контроль, лабораторные работы, экзамен
ПК-21	Темы 1-9 / Темы 1-9	<i>Не предусмотре ны</i>	Темы 1-14/ Темы 1-7	<i>Не предусмотрен ы</i>	Текущий контроль, лабораторные работы, экзамен

Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

(Очная / заочная)

Лабораторный практикум, текущий контроль, контрольная работа		
Лабораторная работа	Балл	
	Очная форма	заочная форма
	5 семестр	7 семестр
№1	1 – 3	2 – 4
№2	1 – 3	4 – 6
№3	1 – 3	4 – 6
№4	1 – 3	4 – 8
№5	2 – 3	4 – 8
№6	2 – 4	6 – 9
№7	4 – 5	4 – 6
№8	2 – 4	-
№9	4 - 5	-
№10	4 - 5	-
№11	4 - 5	-
№12	4 - 5	-
№13	2 - 4	-
№14	2 - 4	-
Текущий контроль	2 - 4	2 – 4
Контрольная работа	-	6 - 9
ИТОГО	36-60	36-60
Экзамен		24 - 40 баллов

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	74 - 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 - 73	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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ **УТВЕРЖДАЮ**
О.В. Матухина
« _____ » _____ 20 ____ г.

Экзаменационный билет № 1

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Основные понятия моделирования систем. Этапы составления математического описания.
2. Получение уравнения множественной регрессии методом Брандона.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ **УТВЕРЖДАЮ**
О.В. Матухина
« _____ » _____ 20 ____ г.

Экзаменационный билет № 2

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Основные виды математических моделей.
2. Методы планирования эксперимента. Оптимальный двухуровневый план 2^к (ПФЭ).

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 3

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Методы составления математического описания объекта.
2. Дробный факторный эксперимент (дробные реплики).

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 4

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Состав математического описания.
2. Метод множественной корреляции.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 5

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Блочный принцип составления математического описания.
2. Линейная регрессия от одного параметра.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 6

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Выбор метода решения и реализация его в виде алгоритма решения.
2. Метод множественной корреляции.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 7

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Моделирование структуры потока в аппаратах ХТ.
2. Эмпирическая линия регрессии.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 8

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Типовые модели структуры потока.
2. Методы планирования эксперимента. Оптимальный двухуровневый план 2^к (ПФЭ).

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 9

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Модель идеального смешения.
2. Трансцендентная регрессия.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 10

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Модель идеального вытеснения.
2. Основные определения экспериментально-статистических методов.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 11

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Метод наименьших квадратов.
2. Метод моментов.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 12

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Экспериментально-статистические методы составления математической модели. Основные характеристики случайных величин.
2. Линейная регрессия от одного параметра.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 13

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Рецикл.
2. Метод множественной корреляции.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 14

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Модель идеального вытеснения.
2. Регрессионный анализ в матричной форме.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 15

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Байпасирование.
2. Методы регрессионного и корреляционного анализа.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 16

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Регрессионный анализ.
2. Трансцендентная регрессия. Оценка тесноты нелинейной связи.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 17

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Модель идеального вытеснения.
2. Методы регрессионного и корреляционного анализа.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 18

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Регрессионный анализ.
2. Линейная регрессия. Оценка тесноты линейной связи.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 19

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Модель идеального смешения.
2. Дробные реплики от полного факторного эксперимента.

Составитель

А.В. Садыков

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: *15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств*

Профиль: *Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)*

Семестр 5/7

Зав.кафедрой _____ УТВЕРЖДАЮ
« _____ » _____ 20 ____ г.
О.В. Матухина

Экзаменационный билет № 20

по дисциплине «Моделирование систем управления»

1. Пассивный и активный эксперимент. Функция отклика. Уравнение регрессии.
2. Классификация языков моделирования и область их применения.

Составитель

А.В. Садыков

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: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль: Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

Семестр 5/7

Комплект лабораторных работ
по дисциплине «Моделирование систем управления»

Очная форма
Лабораторная работа №1

Тема 1: «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 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. 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 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 экстраполяция до значений $x = \pm 3$?

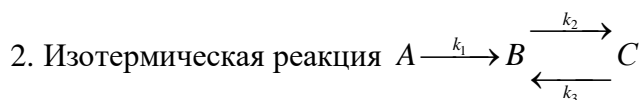
4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №2

Тема 2: «Моделирование работы изотермического процесса».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.



осуществляется в реакторе с гидродинамикой, описываемой моделью идеального вытеснения. k_1, k_2, k_3 - константы скоростей частных реакций. Расход сырья v , м³/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 3: «Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов (МНК)».

Задание:

1. Изучить теоретический материал (МНК).

2. Вывод нормальных систем МНК для различных приближающих функций.

3. По заданной таблице построить точечные графики и определить вид приближающей функции

x	0,11	0,13	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50
y	1,22	1,24	1,30	1,32	1,41	1,53	1,66	2,03

4. Опытные данные заданы таблицей

x	1,1	1,7	2,4	3,0	3,7	4,5	5,1	5,8
y	0,3	0,6	1,3	1,7	2,3	3,1	3,9	4,6

Аппроксимировать эти данные сначала линейной функцией, затем степенной функцией. Установить, какая из функций лучше аппроксимирует эти данные.

5. Экспериментальные данные заданы таблицей

x	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5
y	0,3	0,34	0,38	0,42	0,44	0,48	0,54	0,69

Аппроксимировать эти данные квадратичной функцией.

6. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №4

Тема 4: «Аппроксимация экспериментальных данных с помощью инструментальных средств».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.

2. Встроенные средства табличного процессора Excel для аппроксимации по МНК.

3. Аппроксимировать различными способами следующие опытные данные:

x	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
y	1,7	1,9	4,1	4,4	6,5	7,1	9,5	12,1	13,5	18,2	17,5

Для полиномиального приближения задавать степени: $n = 2, 3, 4, 5, 6$.

Сравнить достоверности различных аппроксимаций (по коэффициенту детерминированности); установить, какая из функций лучше аппроксимирует эти данные.

4. Встроенные приближающие функции в системе MathCad.
5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №5

Тема 5: «Уравнение регрессии с одним фактором».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
 2. Статистический анализ результатов.
 3. Проверка адекватности уравнения по критерию Фишера.
 4. Определить зависимость растворимости тиосульфата натрия (y) от температуры (x).
- Объем выборки N=9. Экспериментальные данные приведены в таблице

x	0	10	20	30	40	50	60	70	80
y	33,5	37,0	41,2	46,1	50,0	52,0	56,3	64,3	69,9

Вычислить коэффициент корреляции. Провести статистический анализ полученных результатов.

5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №6

Тема 6: «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 7: «Нахождение коэффициентов уравнения регрессии методом 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 8: «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/см²) и времени пребывания t в диапазоне 10 – 30 мин. Верхний уровень по температуре $z_1^{\max} = 200$ °С, нижний $z_1^{\min} = 100$ °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.

Лабораторная работа №9

Тема 9: «Математическое моделирование процесса ректификации».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Математическое описание процесса ректификации. Составление математической модели процесса.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №10

Тема 10: «Алгоритмы построения допустимых областей управления процессом ректификации».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Разработка алгоритма расчета.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №11

Тема 11: «Алгоритмы построения допустимых областей управления процессом ректификации».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Разработка алгоритма построения допустимых областей управления процессом.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №12

Тема 12: «Синтез системы управления процессом ректификации».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Построение функциональной схемы автоматизации процесса.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №13

Тема 13: «Методы анализа результатов моделирования».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Планирование машинных экспериментов. Обработка и анализ результатов моделирования.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №14

Тема 14: «Моделирование с помощью пакета программ».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Моделирование в системе Matlab в среде Simulink. Создание простой модели.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Заочная форма

Лабораторная работа №1

Тема 1: «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 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. 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 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 $x = \pm 3$?

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №2

Тема 2: «Уравнение регрессии с одним фактором».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Статистический анализ результатов.
3. Проверка адекватности уравнения по критерию Фишера.
4. Определить зависимость растворимости тиосульфата натрия (y) от температуры (x).

Объем выборки $N=9$. Экспериментальные данные приведены в таблице

x	0	10	20	30	40	50	60	70	80
y	33,5	37,0	41,2	46,1	50,0	52,0	56,3	64,3	69,9

Вычислить коэффициент корреляции. Провести статистический анализ полученных результатов.

5. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №3

Тема 3: «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 №4

Тема 4: «Нахождение коэффициентов уравнения регрессии методом 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 №5

Тема 5: «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/см²) 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.

Лабораторная работа №6

Тема 6: «Математическое моделирование процесса ректификации».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Математическое описание процесса ректификации. Составление математической модели процесса.
3. Разработка алгоритма расчета.
4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа №7

Тема 7: «Методы анализа результатов моделирования».

Задание:

1. Изучить теоретический материал.
2. Планирование машинных экспериментов. Обработка и анализ результатов моделирования.
3. Подготовить отчет по лабораторной работе.

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

Факультет информационных технологий

Кафедра ИСТ

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль: Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

Семестр 5/7

Комплект заданий для контрольной работы по дисциплине «Моделирование систем управления»

Тема «Моделирование химико-технологических процессов на основе регрессионного анализа».

Задание: необходимо установить зависимости расхода флегмы в двух последовательно соединенных ректификационных колоннах от количества изобутилена в сырье.

Исходные данные: принципиальная технологическая схема процесса приведена на рис. 1.

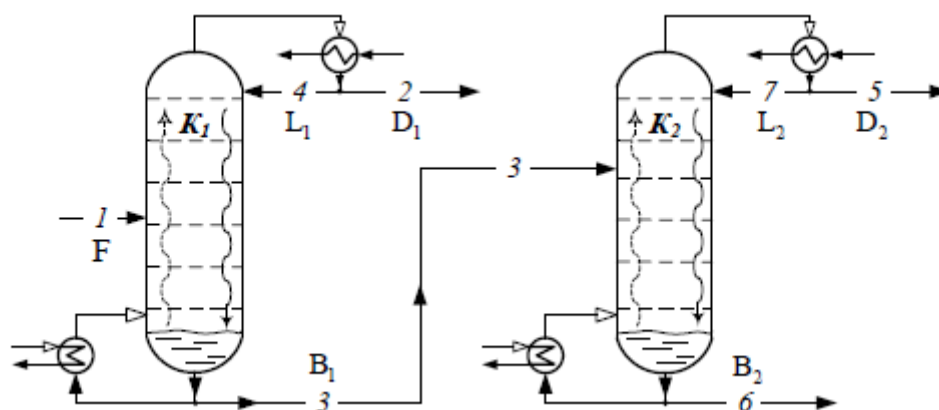


Рис. 1 – сырье (хлорметил-изобутиленовая фракция); 2, 5 – хлорметиловая фракция; 3 – изобутиленовая фракция с примесью хлорметила; 4, 7 – флегма; 6 – изобутиленовая фракция. Для построения поля корреляции и проведения регрессионного анализа получен статистический материал.

Вариант 1

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K_1 , кг/ч	Расход флегмы в K_2 , кг/ч
500.0	10000.0	2039.9
750.0	11000.1	3080.2
1000.0	10000.1	5160.0
1250.0	10000.1	5160.4
1500.0	10000.0	5679.9
1750.0	10000.1	6720.0
2000.0	10000.1	6719.9
2250.0	10000.0	7759.4
2500.0	10000.0	7759.4
2750.0	10000.1	9840.4
3000.0	12000.1	10880.2
3250.0	14000.1	11920.1

3500.0	16000.3	14000.1
3750.0	17999.7	15039.8
4000.0	19500.3	15560.1

Вариант 2

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K ₁ , кг/ч	Расход флегмы в K ₂ , кг/ч
500.0	10500.0	2050.9
750.0	11000.1	3090.2
1000.0	10500.1	5180.0
1250.0	10500.1	5180.4
1500.0	10500.0	5695.9
1750.0	10500.1	6740.0
2000.0	10500.1	6749.9
2250.0	10500.0	7759.4
2500.0	10500.0	7759.4
2750.0	10500.1	9880.4
3000.0	12100.1	11080.2
3250.0	14100.1	11900.0
3500.0	16100.3	14000.1
3750.0	17999.7	15110.8
4000.0	19500.3	15760.1

Вариант 3

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K ₁ , кг/ч	Расход флегмы в K ₂ , кг/ч
500.0	11000.0	2000.0
750.0	11000.1	3000.2
1000.0	11000.1	5200.0
1250.0	11000.1	5200.4
1500.0	11000.0	5679.9
1750.0	11000.1	6700.0
2000.0	11000.1	6700.0
2250.0	11000.0	7559.4
2500.0	11000.0	7759.4
2750.0	11000.1	9940.4
3000.0	12700.1	10900.2
3250.0	14000.1	11950.1
3500.0	16200.3	14200.1
3750.0	18500.7	15100.0
4000.0	19500.3	16000.0

Вариант 4

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K ₁ , кг/ч	Расход флегмы в K ₂ , кг/ч
500.0	10050.0	2055.0
750.0	11050.1	3060.2
1000.0	10050.1	5180.0
1250.0	10050.1	5160.4
1500.0	10050.0	5600.9
1750.0	10050.1	6750.0
2000.0	10050.1	6809.9
2250.0	10050.0	7859.4
2500.0	10050.0	7900.0
2750.0	10050.1	9900.0
3000.0	12500.1	10880.2
3250.0	14500.1	11620.1
3500.0	17000.3	14500.1
3750.0	18999.7	15539.8
4000.0	20500.3	15960.0

Вариант 5

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K ₁ , кг/ч	Расход флегмы в K ₂ , кг/ч
500.0	10090.0	2300.0
750.0	10090.1	3100.2
1000.0	10090.1	5160.0
1250.0	10100.1	5160.4
1500.0	10100.0	5600.9
1750.0	10150.1	6800.0
2000.0	10200.1	6900.9
2250.0	10200.0	7780.4
2500.0	10200.0	7959.4
2750.0	10250.1	9840.4
3000.0	12000.1	11000.2
3250.0	14100.1	11900.1
3500.0	16200.3	14050.1
3750.0	17999.7	15090.8
4000.0	19500.3	15600.0

Тема «Моделирование химико-технологических процессов методом Брандона».

Задание: необходимо установить зависимости расхода флегмы в ректификационной колонне раз-деления широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) от состава ШФЛУ методом Брандона.

Исходные данные: в результате проведения пассивного эксперимента получен следующий стати-стический материал.

Вариант 6

№	Состав питания, кг/ч							Расход флегмы, кг/ч
	Этан	Пропан	Изобутан	Бутан	Изопентан	Пентан	Гексан	
1	123.5	3320.8	9534.5	14414.8	5748.7	6201.3	1810.6	18900.0
2	76.0	3811.4	6802.0	14185.4	4636.0	4700.6	3788.6	19400.0
3	117.0	7683.0	6357.0	12811.5	4465.5	3607.5	3958.5	23400.0
4	77.0	5813.5	4235.0	12358.5	5505.5	4312.0	6198.5	17700.0
5	55.0	2145.0	4482.5	8965.0	4207.5	4922.5	2667.5	11100.0
6	212.5	6672.5	8202.5	16745.0	4080.0	3612.5	2975.0	22000.0
7	67.5	3375.0	7965.0	15390.0	4275.0	5040.0	8865.0	17200.0

Вариант 7

№	Состав питания, кг/ч							Расход флегмы, кг/ч
	Этан	Пропан	Изобутан	Бутан	Изопентан	Пентан	Гексан	
1	143.5	3420.8	9554.5	14314.8	5760.7	6221.3	1910.6	18700.0
2	70.0	3861.4	6842.0	14125.4	4680.0	4770.6	3708.6	19450.0
3	127.0	7693.0	6457.0	12831.5	4415.5	3627.5	3950.5	22400.0
4	90.0	5833.5	4135.0	12308.5	5405.5	4292.0	6230.5	17800.0
5	57.0	2245.0	4442.5	8365.0	4257.5	4902.5	2607.5	11300.0
6	222.5	6692.5	8232.5	16645.0	4000.0	3692.5	3175.0	22500.0
7	87.5	3375.5	7915.0	15780.0	4295.0	5000.0	8895.0	17270.0

Вариант 8

№	Состав питания, кг/ч							Расход флегмы, кг/ч
	Этан	Пропан	Изобутан	Бутан	Изопентан	Пентан	Гексан	
1	163.5	3620.8	9654.5	14344.8	5660.7	6261.3	1950.6	18306.0
2	90.0	3361.4	6942.0	14195.4	4780.0	4790.6	3758.6	19451.0
3	117.0	7593.0	6557.0	12891.5	4455.5	3687.5	3955.5	22301.0
4	97.4	5883.5	4235.0	12328.5	5425.5	4202.0	6239.5	17867.0
5	59.0	2295.0	4142.5	8360.0	4217.5	4802.5	2637.5	11000.0
6	228.5	6592.5	8132.5	16640.0	4010.0	3392.5	3185.0	22400.0
7	75.5	3475.5	7815.0	15770.0	4395.0	5100.0	8695.0	17970.0

Вариант 9

№	Состав питания, кг/ч							Расход флегмы, кг/ч
	Этан	Пропан	Изобутан	Бутан	Изопентан	Пентан	Гексан	
1	113.5	3090.8	9434.5	14614.8	5798.7	6201.3	1910.6	19000.0
2	106.0	3801.4	6702.0	14195.4	4696.0	4700.6	3888.6	19400.0
3	110.0	7680.0	6457.0	12711.5	4475.5	3607.5	3908.5	22400.0
4	70.0	5713.5	4135.0	12758.5	5605.5	4312.0	6158.5	17800.0
5	65.0	2245.0	4582.5	8995.0	4307.5	4922.5	2637.5	12100.0
6	222.5	6772.5	8302.5	16795.0	4180.0	3612.5	2995.0	22005.0
7	97.5	3395.0	7865.0	15490.0	4295.0	5040.0	8875.0	17210.0

Вариант 10

№	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

Тема «Моделирование химико-технологических процессов на основе полного факторного эксперимента».

Задание: необходимо установить зависимости флегмового числа и расхода греющего пара на обогрев ректификационной колонны, предназначенной для разделения изопентан-пентан-гексановой фракции, от количества изопентана, пентана и гексана в исходной смеси.

Исходные данные: для получения уравнения регрессии проведен полный факторный эксперимент 2³.

Вариант 11

№ опыта	Количество изопентана, кг/ч	Количество пентана, кг/ч	Количество гексана, кг/ч	Флегмовое число	Тепловая нагрузка на кипятильник, кДж/ч
1	6477.0	6936.0	2640.0	18.0	38476547.9
2	6477.0	6936.0	10185.0	21.0	44546006.0
3	6477.0	10151.0	2640.0	25.0	52670991.5
4	6477.0	10151.0	10185.0	27.0	56719158.0
5	9183.5	6936.0	2640.0	11.0	24296811.9
6	9183.5	6936.0	10185.0	13.0	26300916.3
7	9183.5	10151.0	2640.0	14.5	31399481.9
8	9183.5	10151.0	10185.0	15.5	33423869.8

Вариант 12

№ опыта	Количество изопентана, кг/ч	Количество пентана, кг/ч	Количество гексана, кг/ч	Флегмовое число	Тепловая нагрузка на кипятильник, кДж/ч
1	6577.0	6800.0	2650.0	18.0	38476547.9
2	6577.0	6800.0	10105.0	21.0	44546006.0
3	6577.0	10100.0	2650.0	25.0	52670991.5
4	6577.0	10100.0	10105.0	27.0	56719158.0
5	9083.5	6800.0	2650.0	11.0	24296811.9
6	9083.5	6800.0	10105.0	13.0	26300916.3
7	9083.5	10100.0	2650.0	14.5	31399481.9
8	9083.5	10100.0	10105.0	15.5	33423869.8

Вариант 13

№ опыта	Количество изопентана, кг/ч	Количество пентана, кг/ч	Количество гексана, кг/ч	Флегмовое число	Тепловая нагрузка на кипятильник, кДж/ч
1	6450.0	6750.0	2600.0	18.0	38476547.9
2	6450.0	6750.0	10201.0	21.0	44546006.0
3	6450.0	10251.0	2600.0	25.0	52670991.5
4	6450.0	10251.0	10201.0	27.0	56719158.0
5	9400.5	6750.0	2600.0	11.0	24296811.9
6	9400.5	6750.0	10201.0	13.0	26300916.3
7	9400.5	10251.0	2600.0	14.5	31399481.9
8	9400.5	10251.0	10201.0	15.5	33423869.8

Вариант 14

№ опыта	Количество изопентана, кг/ч	Количество пентана, кг/ч	Количество гексана, кг/ч	Флегмовое число	Тепловая нагрузка на кипятильник, кДж/ч
1	6333.0	6860.0	2240.0	18.0	38476547.9
2	6333.0	6836.0	10308.0	21.0	44546006.0
3	6333.0	11151.0	2240.0	25.0	52670991.5
4	6333.0	11151.0	10308.0	27.0	56719158.0
5	9353.5	6836.0	2240.0	11.0	24296811.9
6	9353.5	6836.0	10308.0	13.0	26300916.3
7	9353.5	11151.0	2240.0	14.5	31399481.9
8	9353.5	11151.0	10308.0	15.5	33423869.8

Вариант 15

№ опыта	Количество изопентана, кг/ч	Количество пентана, кг/ч	Количество гексана, кг/ч	Флегмовое число	Тепловая нагрузка на кипятильник, кДж/ч
1	6470.0	6609.0	2599.0	18.0	38476547.9
2	6470.0	6609.0	10085.0	21.0	44546006.0
3	6470.0	10155.0	2599.0	25.0	52670991.5
4	6470.0	10155.0	10085.0	27.0	56719158.0
5	9459.0	6609.0	2599.0	11.0	24296811.9
6	9459.0	6609.0	10085.0	13.0	26300916.3
7	9459.0	10155.0	2599.0	14.5	31399481.9
8	9459.0	10155.0	10085.0	15.5	33423869.8

Тема «Моделирование химико-технологических процессов на основе полного факторного эксперимента».

Задание: необходимо установить зависимость концентрации триметилкарбинола (ТМК) в очищенной изобутиленовой фракции на выходе абсорбера от давления в аппарате, начальной температуры загрязненного газа, расхода и температуры абсорбента (воды).

Исходные данные: для получения уравнения регрессии проведен полный факторный эксперимент 2⁶.

Вариант 16

№ опыта	Давление, атм	Температура газа, °С	Расход абсорбента, кг/ч	Температура абсорбента, °С	Концентрация ТМК, % масс.
1	1	30	8000	10	0.37
2	1	30	8000	30	0.47
3	1	30	9000	10	0.26
4	1	30	9000	30	0.49
5	1	50	8000	10	0.70
6	1	50	8000	30	0.78
7	1	50	9000	10	0.56
8	1	50	9000	30	0.76

9	1.3	30	8000	10	0.20
10	1.3	30	8000	30	0.42
11	1.3	30	9000	10	0.06
12	1.3	30	9000	30	0.44
13	1.3	50	8000	10	0.45
14	1.3	50	8000	30	0.66
15	1.3	50	9000	10	0.29
16	1.3	50	9000	30	0.67

Вариант 17

№ опыта	Давление, атм	Температура газа, °С	Расход абсорбента, кг/ч	Температура абсорбента, °С	Концентрация ТМК, % масс.
1	1.01	31	8500	9	0.375
2	1.01	31	8500	29	0.475
3	1.01	31	9500	9	0.265
4	1.01	31	9500	29	0.495
5	1.01	52	8500	9	0.705
6	1.01	52	8500	29	0.785
7	1.01	52	9500	9	0.565
8	1.01	52	9500	29	0.765
9	1.305	31	8500	9	0.205
10	1.305	31	8500	29	0.425
11	1.305	31	9500	9	0.065
12	1.305	31	9500	29	0.445
13	1.305	52	8500	9	0.455
14	1.305	52	8500	29	0.665
15	1.305	52	9500	9	0.295
16	1.305	52	9500	29	0.675

Вариант 18

№ опыта	Давление, атм	Температура газа, °С	Расход абсорбента, кг/ч	Температура абсорбента, °С	Концентрация ТМК, % масс.
1	0.95	29	7900	11	0.365
2	0.95	29	7900	31	0.465
3	0.95	29	9100	11	0.259
4	0.95	29	9100	31	0.48
5	0.95	49	7900	11	0.69
6	0.95	49	7900	31	0.77
7	0.95	49	9100	11	0.55
8	0.95	49	9100	31	0.75
9	1.28	29	7900	11	0.19
10	1.28	29	7900	31	0.41
11	1.28	29	9100	11	0.05
12	1.28	29	9100	31	0.43
13	1.28	49	7900	11	0.44
14	1.28	49	7900	31	0.65
15	1.28	49	9100	11	0.28
16	1.28	49	9100	31	0.66

Вариант 19

№ опыта	Давление, атм	Температура газа, °С	Расход абсорбента, кг/ч	Температура абсорбента, °С	Концентрация ТМК, % масс.
1	0.98	30.5	8250	8	0.37
2	0.98	30.5	8250	33.5	0.47
3	0.98	30.5	9080	8	0.26
4	0.98	30.5	9080	33.5	0.49
5	0.98	53	8250	8	0.70
6	0.98	53	8250	33.5	0.78

7	0.98	53	9080	8	0.56
8	0.98	53	9080	33.5	0.76
9	1.29	30.5	8250	8	0.20
10	1.29	30.5	8250	33.5	0.42
11	1.29	30.5	9080	8	0.06
12	1.29	30.5	9080	33.5	0.44
13	1.29	53	8250	8	0.45
14	1.29	53	8250	33.5	0.66
15	1.29	53	9080	8	0.29
16	1.29	53	9080	33.5	0.67

Вариант 20

№ опыта	Давление, атм	Температура газа, °C	Расход абсорбента, кг/ч	Температура абсорбента, °C	Концентрация ТМК, % масс.
1	1	33	8600	8	0.35
2	1	33	8600	25	0.45
3	1	33	9700	8	0.23
4	1	33	9700	25	0.44
5	1	52.5	8600	8	0.65
6	1	52.5	8600	25	0.73
7	1	52.5	9700	8	0.52
8	1	52.5	9700	25	0.72
9	1.4	33	8600	8	0.15
10	1.4	33	8600	25	0.38
11	1.4	33	9700	8	0.01
12	1.4	33	9700	25	0.40
13	1.4	52.5	8600	8	0.41
14	1.4	52.5	8600	25	0.62
15	1.4	52.5	9700	8	0.23
16	1.4	52.5	9700	25	0.62