

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 11.01.2024 11:49:48  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и методической  
работе

\_\_\_\_\_ Б. В. Пекаревский  
«31» января 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки

**20.03.01 – Техносферная безопасность**

Направленности программ бакалавриата

**Инженерная защита окружающей среды**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **информационных технологий и управления**

Кафедра **системного анализа и информационных технологий**

Санкт-Петербург

2017

**Б1.В.04**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор Холоднов В.А.

Рабочая программа дисциплины «Системный анализ химических технологий»  
обсуждена на заседании кафедры системного анализа и информационных  
технологий  
протокол от «25» января 2017 № 6

И.о. заведующего кафедрой                                    А.А.Мусаев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и  
управления  
протокол от «26» января 2017 № 7

Председатель

В.В.Куркина

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Техносферная безопасность»		Т.В. Украинцева
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	07
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	14
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации...15	

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

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

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОК-7</b>	<p>владение культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности</p>	<p><b>Знать:</b>                      принципы моделирования, классификацию способов представления моделей систем, достоинства и недостатки различных способов представления моделей;                      основные технические средства решения задач: компьютер и компьютерные технологии.</p> <p><b>Уметь:</b>                      составить модель по словесному описанию, настроить модель, представить модель в алгоритмическом и математическом виде (объекты и процессы);</p> <p><b>Владеть:</b>                      базовыми принципами и методами системного анализа;                      основами компьютерного моделирования сложных технических объектов;                      теоретическими подходами, объясняющими закономерности системного анализа в различных технологиях, системным подходом к анализу и планированию эксперимента;</p>

<p><b>ПК-1</b></p>	<p>способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива</p>	<p><b>Знать:</b> приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере;</p> <p><b>Уметь:</b> использовать современные программные комплексы для системного анализа технических систем; творчески использовать инструменты подготовки и принятия решений для системного анализа, распространенные в практике промышленно развитых стран: компьютерное моделирование, оптимизация и экономическая оценка статических и динамических режимов систем на основе лицензионных программных комплексов.</p> <p><b>Владеть:</b> творческим использованием традиционных методов и инструментариев компьютерных технологий для оптимизации процессов и систем; методами повышения точности моделирования; навыками использования при решении поставленных задач программных пакетов для ЭВМ.</p>
--------------------	--	---

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>1</sup>.

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.04) и изучается на 4 и 5 курсах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин:

**ОК-7** – Информатика. Метрология, стандартизация, сертификация. Надежность технических систем и техногенный риск. Теоретические основы электромагнитной и радиационной безопасности. Электроника и электротехника.

**ПК-1** – Физика. Механика. Процессы и аппараты химической технологии. Начертательная геометрия. Инженерная графика, Общая и неорганическая химия Органическая химия. Физическая химия. Электроника и электротехника, Общая химическая технология. Материаловедение. Автоматизированное проектирование. Основы проектирования пожаро-взрывоопасных производств. Основы проектирования природоохранных объектов. Пожаро-взрывобезопасность технологических процессов. Безопасность оборудования и производственных процессов. Производственная безопасность. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Оборудование химических и нефтехимических производств. Науки о Земле.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Системный анализ в химических технологиях» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	5/180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>20</b>
занятия лекционного типа	6
занятия семинарского типа, в т.ч.	14
семинары, практические занятия	8
лабораторные работы	6
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>151</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр(3)
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (9)

<sup>1</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Компьютерные технологии для расчета сложных химико-технологических систем (СХТС).	1	2	1	15	<b>ОК-7</b>
2	Компьютерные технологии математического моделирования элементов СХТС.	1	2	1	35	<b>ОК-7</b> <b>ПК-1</b>
3	Планирование и обработка эксперимента в химической технологии.	2	4	2	60	<b>ОК-7</b>
4	Принятие оптимальных решений в химической технологии с учетом рисков. Расчет надежности СХТС.	2	4	2	73	<b>ОК-7</b> <b>ПК-1</b>

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Общие понятия системного анализа. Строение и функционирование систем. Классификация систем. Закономерности функционирования систем. Методы и модели теории систем. Методы формализованного представления систем. Информационный подход к анализу систем. Общая характеристика систем. Декомпозиционный метод расчета систем. Компьютерные технологии для	1	Слайд-презентации





№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Оптимальное управления процессом биохимической очистки сточных вод.	1,5	Слайд-презентация, групповая дискуссия
3	Расчет стационарных режимов систем с материальными и тепловыми рециклами. Использование метода простой итерации при расчете систем.	2	
3	Использование компьютерных технологий для построения статистических моделей элементов систем. Использование моделей для принятия решений в условиях рисков.	2	Слайд-презентация, групповая дискуссия
4	Математическое моделирование водно-экологических процессов статических и динамических режимах.	4	Слайд-презентация, групповая

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	Расчет сложных систем с материальными и тепловыми рециклами	1	
2	Построение и анализ статистических моделей с помощью компьютерных технологий	1	
3	Оптимизация сложных систем с использованием GAMS	0,5	
3	Использование программ для имитационного моделирования, оптимизации и решения задач расчета надежности технических систем	1,5	
4	Оптимальное управления процессом ректификации в переходном режиме	0,5	
4	Оптимальное управления процессом в реакторах с мешалкой в статическом режиме	0,5	
4	Моделирование динамических и статических режимов элементов СХТС на основе программных продуктов FLEXPDE, SCILAB	1	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<p>Что позволяет осуществить математическое моделирование до создания реальной системы, объекта?</p> <p>Понятие вычислительного эксперимента. Дайте определение математической модели. Какой подход решения научных задач является альтернативным математическому моделированию?</p> <p>Что является важнейшей характеристикой математической модели?</p>	5	Устный опрос №1
1	Компьютерное исследование надежности сложных процессов и систем.	5	Контрольная работа №1
1	Особенности методологии формализации и переработки качественной информации в применении к сложным техническим	5	Устный опрос №2
2	<p>Как задаются математические модели аналитического типа?</p> <p>Приведите пример математической модели аналитического типа.</p> <p>Приведите модель установившегося процесса реактора с мешалкой непрерывного действия.</p>	15	Устный опрос №3
2	<p>Основные этапы разработки химического производства.</p> <p>Выбор метода химического синтеза целевого продукта.</p> <p>Разработка принципиальной технологической схемы производства.</p> <p>Расчет материально-тепловых балансов.</p> <p>Выбор наилучшей технологической схемы.</p> <p>Выбор и расчёт технологического</p>	20	Устный опрос №4
3	<p>Какой принцип используется при построении модели трубчатого реактора?</p> <p>К какому типу относится эта модель?</p> <p>Где используются математические модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных?</p> <p>Что является особенностью математических моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных?</p> <p>Что должна включать в себя математическая модель в виде дифференциальных уравнений в частных производных?</p>	30	Устный опрос №5

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	Понятие системы, элемента системы. Понятие химико-технологической системы (ХТС), элемента ХТС. Уровни иерархии ХТС. Блок-схема структуры ХТС на уровне цеха. Понятие элемента системы, его математического описания. Классификация элементов систем. Классификация систем по поведению во времени, по виду технологических связей, с точки зрения расчета. Понятие совмещенных и гибких систем. Оценки эффективности функционирования	30	Контрольная работа №2
4	Математическое описание систем. Математическая постановка основных задач при системном анализе химических производств. Формализация задач анализа систем, синтеза систем, синтеза оптимальной системы. Понятие о расчете "разомкнутых" систем. Понятие о расчете "замкнутых" систем. Декомпозиционный и интегральный методы	10	Устный опрос №6
4	Математическое описание кинетики химических реакций. Порядок построения. Ключевые компоненты. Материальный баланс реакции. Математическое описание химических реакторов в рамках программного продукта	20	Контрольная работа №3
4	Математическая постановка задачи оптимизации систем. Классификация методов оптимизации. Выбор поисковых переменных. Симплексные методы оптимизации. Алгоритм метода. Понятие о градиентных методах оптимизации	43	Устный опрос №7

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медиа: <http://media.technology.edu.ru>

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами (заданиями).

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

#### Вариант № 1

1. На какие два вида делятся математические модели?
2. Что такое уравнение регрессии? С чего начинается процесс идентификации? От чего зависит конкретная форма модели?
3. Перечислите причины проведения непланируемого эксперимента. В чем заключается метод наименьших квадратов. Сформулируйте задачу проверки адекватности модели. Какие критерии проверки адекватности математической модели Вы знаете?

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **а) основная литература:**

1. Системный анализ и принятие решений. Математическое моделирование и оптимизация объектов химической технологии / В. А. Холоднов, Ас. М. Гумеров, Н. Н. Валеев, Гумеров Аз. М., В.М. Емельянов, В. Н. Чепикова, М. Ю. Лебедева // Учебное пособие. СПб: СПбГТИ (ТУ), 2007. – 340с.
2. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel / В. А. Холоднов, В. Решетиловский, М. Ю. Лебедева, Е. С. Боровинская // Учебное пособие. СПб: СПбГТИ (ТУ), 2007. – 434с.

#### **б) дополнительная литература:**

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем: Учеб. для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев – М.: Юрайт, 2013. – 343 с.

#### **в) вспомогательная литература:**

1. Моделирование и оптимизация химико-технологических систем с помощью интерактивной информационно-моделирующей программы Aspen PLUS: учебное пособие / В. А. Холоднов, В. К. Викторов, Д. А. Краснобородько, В. Г. Хайдаров, Р. Ю Кулишенко, В. В. Фонарь, - СПб: СПбГТИ (ТУ), 2013. – 214 с. (ЭБ)
2. Решение задач нелинейного программирования на основе градиентных методов с использованием системы компьютерной математики MathCAD: методические указания / В. А. Холоднов, Е. С. Боровинская, В. П. Андреева, В. И. Черемисин. СПб: СПбГТИ (ТУ), 2010. – 69 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план,

РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

Электронные лекции по дисциплине.

Ведущие порталы в области образования и информационных технологий:

- URL: <http://www.edu.ru> – Федеральный портал «Российское образование»
- URL: <http://www.openet.edu.ru> – Российский портал открытого образования
- URL: <http://www.exponenta.ru> - Российский портал образования
- [model.exponenta.ru](http://model.exponenta.ru) - сайт о моделировании и исследовании: систем, объектов, технических процессов и физических явлений.
- URL: <http://stratum.ac.ru/textbooks/modelir/contents.html>. Учебный курс «Моделирование систем» (Дата обращения 8.11.2013).

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Системный анализ в химических технологиях» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad, Scilab, GAMS, ASPEN PLUS.

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

Компьютерные классы кафедры «Системного анализа», персональные компьютеры на базе процессоров Intel Core i7/i5/i3, оперативной памятью не менее 2 Гб, дисковой памятью не менее 300 Гб, видеокартой (любая совместимая), наличие LAN и USB и установленным специальным программным обеспечением.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Системный анализ в химических технологиях»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>2</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>3</sup></b>
ОК-7	<b>владение культурой безопасности</b> и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и <b>сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности</b>	промежуточный
ПК-1	<b>способностью разрабатывать методы моделирования, анализа и технологии синтеза процессов и систем в области техники, технологии и организационных систем</b>	промежуточный

<sup>2</sup> **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>3</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

**2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.**

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	<p><b>Знать:</b> принципы моделирования, классификацию способов представления моделей систем, достоинства и недостатки различных способов представления моделей;</p> <p><b>Уметь:</b> составить модель по словесному описанию, настроить модель, представить модель в алгоритмическом и математическом виде (объекты и процессы);</p> <p><b>Владеть:</b> базовыми принципами и методами системного анализа;</p>	Правильные ответы на вопросы №1-5 к экзамену	ОК-7
Освоение раздела №2	<p><b>Знать:</b> принципы моделирования, классификацию способов представления моделей систем, достоинства и недостатки различных способов представления моделей;</p> <p><b>Уметь:</b> составить модель по словесному описанию, настроить модель, представить модель в алгоритмическом и</p>	Правильные ответы на вопросы №5-8 к экзамену	ОК-7



Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	математическом виде (объекты и процессы); <b>Знать:</b> основные методы системного анализа и построения систем при решении различных задач, метод формализованного представления (математического моделирования) <b>Уметь:</b> оперировать с элементами модели, оценить качество модели;	Правильные ответы на вопросы №14-22, №25-31 к экзамену	ПК-1
Освоение раздела № 3	<b>Знать:</b> принципы моделирования, классификацию способов представления моделей систем	Правильные ответы на вопросы №9-12 к экзамену	ОК-7
Освоение раздела №4	Знать методы и средства хранения и управления характеристиками и качества управления технологическими процессами  Знать проблемно-процессами Уметь использовать подходы к реализации проблемно-ориентированных методов при решении задач управления качеством продукции	Правильные ответы на вопросы №13-22 к экзамену  Правильные ответы на вопросы №23, 24 к экзамену	ОК-7  ПК-1

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

если по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, то результат оценивания – «зачтено», «не зачтено»;

если по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и (или) курсового проекта (работы), то шкала оценивания – балльная.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОК-7:**

1. Что позволяет осуществить математическое моделирование до создания реальной системы, объекта?
2. Понятие вычислительного эксперимента.
3. Сформулируйте основную задачу математического моделирования.
4. Дайте определение математической модели.
5. Какой подход решения научных задач является альтернативным математическому моделированию?
6. Что является важнейшей характеристикой математической модели?
7. На какие два вида делятся математические модели?
8. Этапы построения математического описания. Материальный и тепловой баланс. Понятие адекватности модели.
9. Обобщённое уравнение массоэнергопереноса.
10. Краевые условия: начальные и граничные.
11. Математическое описание кинетики химических реакций. Порядок построения. Ключевые компоненты. Материальный баланс реакции.
12. Математическое описание химических реакторов в рамках программного продукта Aspen.
13. Формальные модели ХТС. Достоинства и недостатки. Порядок построения математического описания с помощью полного факторного эксперимента.

#### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:**

14. Структурный анализ систем. Основные понятия: ориентированная дуга, путь, контур, комплекс.
15. Способы представления структуры систем.
16. Определение вычислительной последовательности "разомкнутых" систем-необходимый этап ее расчета. Алгоритмы определения ВПРС.
17. Основные задачи структурного анализа "замкнутых" систем.
18. Алгоритмы выделения комплексов.
19. Выделение контуров.
20. Оптимальное множество разрываемых дуг.
21. Составление информационной блок-схемы расчета ХТС.
22. Математическая постановка задачи оптимизации систем. Классификация методов оптимизации. Выбор поисковых переменных. Симплексные методы оптимизации. Алгоритм метода. Понятие о градиентных методах оптимизации.
23. Компьютерное исследование надежности сложных процессов и систем.
24. Особенности методологии формализации и переработки качественной информации в применении к сложным техническим объектам

25. Формальные модели систем. Достоинства и недостатки. Порядок построения математического описания с помощью полного факторного эксперимента.
26. Порядок построения математического описания методом Брандона.
27. Построение формальных моделей с помощью Excel.
28. Понятие об оптимизации систем. Объект оптимизации, управляющие воздействия, критерии оптимизации. Примеры постановок задач оптимизации. Выбор управляющих воздействий.
29. Этапы построения математического описания. Материальный и тепловой баланс. Понятие адекватности модели.
30. Обобщённое уравнение массоэнергопереноса.
31. Краевые условия: начальные и граничные.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Пример контрольных работ:

### **Темы и содержание контрольных работ**

#### ***Контрольная работа №1***

##### ***Варианты 1 – 5***

*Задание:* необходимо установить зависимости расхода флегмы в двух последовательно соединенных ректификационных колоннах [8-10] от количества изобутилена в сырье.

*Исходные данные:* Для построения *поля корреляции* и проведения *регрессионного анализа* [1, 5] получен статистический материал (табл. 2.1 – 2.5).

**Таблица 2.1. 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

**Таблица 2.2. Вариант 2**

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K <sub>1</sub> , кг/ч	Расход флегмы в K <sub>2</sub> , 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

**Таблица 2.3. Вариант 3**

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K <sub>1</sub> , кг/ч	Расход флегмы в K <sub>2</sub> , 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

**Таблица 2.4. Вариант 4**

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K <sub>1</sub> , кг/ч	Расход флегмы в K <sub>2</sub> , 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

**Таблица 2.5. Вариант 5**

Расход изобутилена, кг/ч	Расход флегмы в K <sub>1</sub> , кг/ч	Расход флегмы в K <sub>2</sub> , 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

### Контрольная работа №2

#### Варианты 6 – 10

**Задание:** необходимо установить зависимости расхода флегмы в ректификационной колонне [8-10] разделения широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) от состава ШФЛУ методом Брандона [1, 5, 6].

**Исходные данные:** в результате проведения пассивного эксперимента получен следующий статистический материал (табл. 2.6 – 2.10).

**Таблица 2.6. 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

**Таблица 2.7. 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

**Таблица 2.8. 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

**Таблица 2.9. 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

**Таблица 2.10. 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

**Контрольная работа №3**

**Варианты 11 – 15**

*Задание:* необходимо установить зависимости флегмового числа и расхода греющего пара на обогрев ректификационной колонны [8-10], 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*  $2^k$  [1, 5] (табл. 2.11 – 2.15).

**Таблица 2.11. 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

**Таблица 2.12. 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

**Таблица 2.13. 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

**Таблица 2.14. 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

**Таблица 2.15. 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

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГТИ(ТУ)

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.