

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 01.02.2024 15:16:28  
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

«02» апреля 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Специальность

**15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов**

Специализация

**№ 20 "Проектирование технологических комплексов производства  
энергонасыщенных материалов"**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет механический

Кафедра машин и аппаратов химических производств

Санкт-Петербург

2020

Б1.В.11

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		к.т.н., В.С. Данильчук

Рабочая программа дисциплины «Системы автоматизированного технологического проектирования» обсуждена на заседании кафедры машин и аппаратов химических производств протокол от «10» марта 2020 г. № 7

Заведующий кафедрой

А.С. Мазур

Одобрено учебно-методической комиссией  
Инженерно-технологического факультета

протокол от «25» марта 2020 г. № 7

Председатель

А.П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

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

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

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине: «Системы автоматизированного технологического проектирования»

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-15</b>	способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидropневмоавтоматики, систем различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможности совершенствования объектов техники методом моделирования.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами оценки результатов моделирования;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять техническое задание на разработку и совершенствование аппаратурного оформления</li> <li>- реализовывать техническое задание с использованием средств автоматизации проектирования</li> <li>- получать нужную информацию о функционировании объектов техники под воздействием управляющих сигналов при изменении внешних условий с использованием их математических моделей.</li> </ul>
<b>ПСК-20.5</b>	способностью обеспечивать управление и организацию производства с применением машин и автоматизированных технологических комплексов в производстве энергонасыщенных материалов	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>особенности и предельные безопасные энергетические параметры работы оборудования по производству изделий из энергонасыщенных материалов;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>проводить подбор и расчет основного технологического оборудования для производства энергонасыщенных материалов и изделий;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>методами использования современных компьютерных средств для расчета производительности и безопасности технологических процессов.</li> </ul>

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

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.11) и изучается на 5 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины «Математика», «Информатика», «Системы компьютерного конструирования», «Теоретическая механика», «Детали машин и основы конструирования», «Физика». Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе, при прохождении производственной практики и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	6/ 216
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>96</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	54
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	6
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>93</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен, зачет (27)

<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	Введение.	2				ПК-15
2	Особенности построения моделей процессов.	6	10		30	ПК-15 ПСК-20.5
3	Метод Монте-Карло в приложении к проектированию объектов химической техники.	14	18	10	31	ПК-15 ПСК-20.5
4	Моделирование процессов химической технологии.	14	8	8	32	ПК-15 ПСК-20.5

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Цели и задачи дисциплины. Основные понятия и содержание дисциплины. Содержание проектирования. Рекомендуемая литература	2	
2	Технологические процессы и оборудование. Особенности построения моделей непрерывных процессов. Распределение времени пребывания. Аппараты полного перемешивания и полного вытеснения. Оценка объема застойной зоны. Химические реакции в идеальных аппаратах. Комбинированные модели. Диффузионная модель. Проектирование каскада реакторов. Расчет непрерывных процессов на примере химической реакции 1-го порядка и на примере сушки во	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	Метод Монте-Карло в приложении к проектированию объектов химической техники. Получение случайных значений распределенных физических величин Выбор случайного направления. Расчет траекторий частиц. Расчет поля допуска деталей, составляющих размерную цепь. Случайные блуждания на плоскости и на линии. Примеры моделей объектов химической техники, построенных в рамках теории случайных блужданий: моделирование диффузионного процесса, расчет поля температур. Алгоритмическое обеспечение процессов случайных блужданий. Проектирование классификатора дисперсных материалов в аппарате с пересыпными полками, расчет дисперсного состава и анализ результатов классификации. Моделирование непрерывных процессов при обработке веществ в зонах с различными условиями. Основные понятия теории массового обслуживания. Поток заявок, дисциплина очереди, механизм обслуживания. Моделирование работы роторной машины с распределенным временем потока заявок. Оценка вместимости приемного устройства роторной машины.	14	Компьютерная симуляция
4	Понятие марковского процесса. Основное уравнение цепей Маркова. Моделирование процессов химической технологии в рамках теории Марковских процессов. Моделирование произвольных структур потоков. Задача о простое машин. Проектирование участка производства штучных изделий.	14	Компьютерная симуляция

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Построение кривых отклика и сравнительный анализ моделей структуры потоков. Расчет объема реактора при переходе от периодического к непрерывному процессу. Проектирование схемы каскада аппаратов с использованием модели структуры потоков.	10	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	Разработка алгоритмов и программ для имитации непрерывных и дискретных случайных блужданий	18	Компьютерная симуляция
4	Построение алгоритма и разработка программы расчета процессов, представимых марковской цепью. Формирование матрицы переходных вероятностей применительно к задаче о простое машин.	8	Компьютерная симуляция

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3	Исследование модели броуновского движения частиц. Оптимизация и проектирование конструкции каскадного гравитационного классификатора дисперсных материалов на основе его вероятностной модели	10	
4	Исследование модели структуры потоков аппарата с перемешивающим устройством. Оценка эффективности работы производственного участка с использованием вероятностной модели производства штучных изделий	8	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Способы достижения адекватности моделей процессов химической технологии.	30	Устный опрос №1
3	Прогнозирование структуры потоков по конструктивным признакам аппарата	31	Устный опрос №1
4	Интерпретация задачи о простое машин в терминах теории массового обслуживания.	32	Устный опрос №1

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

1. Данильчук, В.С. Моделирование броуновского движения частиц с использованием метода Монте-Карло.: практикум / В.С. Данильчук.- СПбГТИ(ТУ), 2016.-18с.

2. Веригин, А.Н Химико-технологические агрегаты. Имитационное моделирование /А.Н Веригин, В.Н. Федоров, В.С. Данильчук. - СПб: Изд.-во СПб университета, 1998.- 218с.



3. Хрущева, И.В. Основы математической статистики и теории случайных процессов: Учебное пособие/И.В. Хрущева [и др.].-СПб.; М.: Лань, 2009.-331 с.

## **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 зачета и экзамена.

К сдаче зачета допускаются студенты, успешно выполнившие задания на практических занятиях и защитившие лабораторные работы.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

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

Пример варианта билета к зачету:

### **Вариант № 1**

1. Использование метода Монте-Карло для проектирования объектов техники. Общие идеи и понятия.
2. Этапы построения модели и аспекты моделирования.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 40 мин.

Пример варианта билета к экзамену:

### **Вариант № 1**

1. Постановка задачи о простое машин. Интерпретация задачи в терминах теории массового обслуживания. Формирование матрицы переходных вероятностей.
2. Оценка вместимости бункера-накопителя роторной машины с распределенным временем поступления деталей.

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

### **а) печатные издания:**

1. Гумеров, А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие для вузов по направлениям "Химическая технология" и "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / А. М. Гумеров. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. – Санкт Петербург; Москва.; Краснодар: Лань, 2014. - 176 с.

10 Веригин, А.Н Химико-технологические агрегаты. Имитационное моделирование / А.Н Веригин, В.Н. Федоров, В.С. Данильчук. -Санкт Петербург: Изд.-во СПб университета, 1998.- 218с.

11 Закгейм, А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов/А.Ю. Закгейм.- Москва: Мир, 1982- 222 с.

12 Тихонов В.И. Марковские процессы. / В.И. Тихонов, М.А. Миронов.- Москва: Советское радио, 1977-488 с.

13 Царева, З.М. Основы теории химических реакторов: Компьютерный курс: учебник для вузов/З.М. Царева, Л.Л. Тобапенянский, Е.И. Орлова; под ред. З.М. Царевой- Москва: Высш. шк.,1997.-624 с.

#### **б) электронные издания:**

2. Марков, Ю.Г. Математические модели химических реакций : учебник / Ю. Г. Марков, И. В. Маркова. – Санкт Петербург; Москва; Краснодар : Лань, 2013. - 192 с.(ЭБС)

3. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов": учебное пособие / Н. А. Самойлов. - 3-е изд., испр. и доп. - Санкт Петербург; Москва; Краснодар : Лань, 2013. - 168 с. (ЭБС)

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

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

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

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

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

Все виды занятий по дисциплине «Системы автоматизированного технологического проектирования» 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 УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. 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 взаимодействие с обучающимися посредством электронно-информационной образовательной среды:  
чтение лекций с использованием слайд-презентаций;  
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

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

Microsoft Windows, Microsoft Office; Mathcad; АСКОН «Компас-3D»; Kaspersky Endpoint Security

### **10.3. Базы данных и 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 класс, оборудованный специализированной мебелью, компьютерами

## **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. СПбГТИ(ТУ) 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Приложение № 1  
к рабочей программе дисциплины

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Системы автоматизированного технологического проектирования»**

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

<b>Компетенции</b>
--------------------

Индекс	Формулировка <sup>2</sup>	Этап формирования <sup>3</sup>
ПСК-20.5	способностью обеспечивать управление и организацию производства с применением машин и автоматизированных технологических комплексов в производстве энергонасыщенных материалов	промежуточный
ПК-15	способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	промежуточный

## 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	знает возможности совершенствования объектов техники методом моделирования	Правильные ответы на вопросы № 1,2 к экзамену	ПК-15 ПСК-20.5
Освоение раздела № 2	умеет оформлять и структурировать информацию, полученную в результате моделирования	Правильные ответы на вопросы № 5-6 к зачету, вопросы к устному опросу	ПК-15 ПСК-20.5
	знает возможности совершенствования объектов техники методом моделирования	Правильные ответы на вопросы № 3-4 к экзамену, вопросы к устному опросу	ПК-15 ПСК-20.5
Освоение раздела №3	- знает принципы и этапы построения моделей объектов химической технологии; - знает математические основы построения моделей и расчетных алгоритмов; - владеет методами построения моделей технологических процессов; - умеет осуществлять постановку задач проектирования объектов химической техники; - умеет анализировать эф-	Правильные ответы на вопросы № 7-18 к зачету, вопросы к устному опросу	ПК-15 ПСК-20.5

<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.)

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>эффективность функционирования объектов химической техники с использованием их математических моделей;</p> <p>-умеет разрабатывать алгоритмы и программы для реализации моделей на ЭВМ при проектировании;</p>		
	<p>-владеет методами оценки результатов моделирования;</p> <p>- умеет составлять техническое задание на разработку и совершенствование аппаратного оформления на основе моделирования;</p> <p>-умеет получать нужную информацию о функционировании объектов техники под воздействием управляющих сигналов при изменении внешних условий с использованием их математических моделей на этапе их проектирования.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 7-18 к экзамену, вопросы к устному опросу</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 7-18 к зачету, вопросы к устному опросу</p>	<p>ПК-15 ПСК-20.5</p> <p>ПК-15 ПСК-20.5</p>
Освоение раздела № 4	<p>- знает принципы и этапы построения моделей объектов химической техники;</p> <p>- знает математические основы построения моделей и расчетных алгоритмов</p> <p>- владеет методами построения моделей процессов объектов химической техники;</p> <p>- умеет осуществлять постановку задач проектирования объектов химической техники;</p> <p>- умеет анализировать эффективность функционирования объектов химической техники с использованием их математических моделей;</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 19-34 к экзамену, вопросы к устному опросу</p>	<p>ПК-15 ПСК-20.5</p>
	<p>-умеет разрабатывать алгоритмы и программы для реализации моделей на ЭВМ при проектировании;</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 19-39 к зачету, вопросы к устному опросу</p>	<p>ПК-15 ПСК-20.5</p>

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

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

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-15, ПСК-20.5:**

1. Понятие модели объекта химической техники. Этапы построения модели и аспекты моделирования.
2. Основные принципы построения моделей объектов химической техники.
3. Представление работы объектов химической техники в виде функций распределения входных и выходных параметров.
4. Особенности проектирования объектов с непрерывным режимом работы. Распределение времени пребывания.
5. Экспериментальные методы определения распределения времени пребывания. Физический смысл и свойства функций отклика на типовые возмущения.
6. Влияние распределения времени пребывания на степень завершенности физико-химических процессов (на примере реакции 1-го порядка).
7. Влияние распределения времени пребывания на степень завершенности физико-химических процессов (на примере процесса сушки).
8. Вывод функции распределения времени пребывания в аппарате полного перемешивания.
9. Модель полного вытеснения. Допущения. Расчет завершенности физико-химических процессов в аппарате полного вытеснения.
10. Диффузионная и ячеечная модели структуры потоков.
11. Комбинированные модели структуры потоков. Оценка параметров модели.
12. Использование метода Монте-Карло для проектирования объектов химической техники. Общие идеи и понятия.
13. Использование метода Монте-Карло для расчета поля допуска изготовления деталей, составляющих размерную цепь. Постановка задачи. Разыгрывание случайных размеров деталей и цепи.
14. Расчет процессов, в которых вещество проходит зоны с различным режимом обработки. Разыгрывание случайного времени пребывания в отдельных зонах.
15. Преобразование случайных величин в соответствии с заданным законом распределения. Разыгрывание случайного времени пребывания элемента потока в аппарате.
16. Задачи, решаемые в рамках процесса случайных блужданий. Системы с поглощающими и отражающими экранами.
17. Построение алгоритма случайных блужданий на плоскости. Использование метода случайных блужданий для расчета поля температур по заданным условиям на границах.
18. Построение модели гравитационного классификатора с пересыпными полками. Постановка задачи, выбор ограничений, расчет кривой разделения. Выдача технического задания на проектирование аппарата.
19. Расчет дисперсного состава продуктов разделения анализ результатов классификации на основе модели. Формирование проектного задания.
20. Основные понятия теории массового обслуживания: “требование”, “счетчик”, “обслуживающий прибор”, дисциплина очереди. Функции распределения времени потока заявок.
21. Системы массового обслуживания с очередью, отказами. Постановка задач по проектированию систем массового обслуживания.
22. Моделирование системы массового обслуживания с одним «обслуживающим прибором» и простейшим (Пуассоновским) распределением времени поступления и обслуживания потока заявок. Определение исходных данных для проектирования.
23. Оценка вместимости бункера-накопителя роторной машины с распределенным временем поступления деталей.

24. Моделирование работы объектов химической техники с использованием цепей Маркова. Основные положения. Абсолютные и переходные вероятности.
25. Основное уравнение цепей Маркова. Примеры физической интерпретации распределения вероятностей. Расчет определяющих параметров проектируемого объекта.
26. Моделирование произвольной структуры потоков с использованием математического аппарата цепей Маркова: колонный аппарат, схема с рециклом.
27. Задача о простое машин. Формирование матрицы переходных вероятностей. Поиск стационарного распределения и расчет показателей эффективности обслуживания машин.
28. Понятие модели объекта химической техники. Основные понятия. Применение моделей при проектировании.
29. Представление работы объектов в виде функций распределения входных и выходных параметров.
30. Этапы построения модели и аспекты моделирования. Использование моделей на различных этапах проектирования.
31. Основные принципы построения моделей объектов химической техники.
32. Расчет завершенности физико-химических процессов в аппарате полного вытеснения. Сравнение с аппаратом полного перемешивания.
33. Диффузионная и ячеечная модели структуры потоков.
34. Проектирование каскада реакторов. Сравнение с аппаратом полного перемешивания.
35. Комбинированные модели структуры потоков. Оценка параметров модели по опытными данным.
36. Вывод основного уравнения завершенности физико-химических процессов (на примере реакции первого порядка) с учетом распределения времени пребывания.
37. Проектирование аппарата с произвольной структурой потоков с использованием математического аппарата цепей Маркова (на примере колонного аппарата).
38. Постановка задачи о простое машин. Интерпретация задачи в терминах теории массового обслуживания. Формирование матрицы переходных вероятностей.
39. Поиск стационарного распределения и расчет показателей эффективности обслуживания оборудования применительно к задаче о простое машин.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

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

#### **4. Вопросы к устному опросу**

1. Что такое математическая модель
2. Что такое математическое моделирование
3. Из чего состоит математическая модель
4. Каковы цели математического моделирования
5. Назовите виды математических моделей
6. Что такое аналитическая модель
7. Что такое эмпирическая модель
8. Обозначьте преимущества математического моделирования
9. На чем основано математическое моделирование
10. Классификация методов прогнозирования.
11. Статистические методы, используемые в прогнозировании
12. Перечислите требования предъявляемые к математической модели
13. Экспертные методы прогнозирования.
14. Какие методы статистического моделирования Вы знаете.
15. Что такое метод Монте-Карло.
16. В чем суть теории массового обслуживания.

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