

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 02.11.2023 12:55:44  
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  
« 24 » мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки

**27.03.03 Системный анализ и управление**

Направленности программы бакалавриата

**«Системный анализ и управление в химической технологии»**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **информационных технологий и управления**  
Кафедра **системного анализа и информационных технологий**

Санкт-Петербург

2021

**Б1.В.16**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент, канд. техн. наук О.В. Проститенко

Рабочая программа дисциплины «Модели и методы описания дискретных технологических процессов» обсуждена на заседании кафедры системного анализа и информационных технологий  
протокол от «28» 04 2021 № 7

Заведующий кафедрой,  
профессор, д.т.н.

А.А. Мусаев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления  
протокол от «19» 05 2021 № 8

Председатель,  
доцент, к.т.н.

В.В. Куркина

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Системный анализ и управление»		Д.А. Краснобородько
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины .....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2. Занятия лекционного типа .....	6
4.3. Занятия семинарского типа.....	7
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	7
4.3.2. Лабораторные занятия .....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся .....	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	9
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	11
10.1. Информационные технологии .....	11
10.2. Программное обеспечение .....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	11

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-3</b> Способен осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности	<b>ПК-3.4</b> Разработка технологических процессов и систем среднего и крупного масштаба сложности	<b>Знать:</b> - основы теории вероятностных автоматов (ЗН-1); - основы теории сетей Петри (ЗН-2); - основы теории таблиц решений (ЗН-3); - основы теории систем массового обслуживания (ЗН-4). <b>Уметь:</b> - разрабатывать модели дискретных систем при решении задач проектирования систем управления технологическими процессами (У-1). <b>Владеть:</b> - навыками использования математического описания дискретных систем в приложении к реальным технологическим процессам и системам управления (Н-1).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Модели и методы описания дискретных технологических процессов» (Б1.В.16) относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений и изучается на 4-м курсе в 7-м семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Дискретная математика», «Вычислительная математика», «Теория вероятностей и математическая статистика».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ / акад. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3 / 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>54</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18(4)
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>54</b>
<b>Форма текущего контроля</b>	–
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b> <b>Курсовая работа</b>

## 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	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Введение, понятия, определения	1	–	–	4	ПК-3	ПК-3.4
2	Классификация технологических процессов	1	–	–	4	ПК-3	ПК-3.4
3	Имитационное моделирование дискретных систем на основе сетей Петри	4	4	–	6	ПК-3	ПК-3.4
4	Моделирование дискретно-детерминированных процессов с помощью конечных автоматов	4	3	–	6	ПК-3	ПК-3.4
5	Моделирование стохастических процессов с помощью вероятностных автоматов	4	3	–	6	ПК-3	ПК-3.4
6	Системы массового обслуживания	4	4	–	7	ПК-3	ПК-3.4
7	Обзор приложений дискретных систем	–	–	–	7	ПК-3	ПК-3.4
8	Курсовая работа на таблицы решений	–	4	–	14	ПК-3	ПК-3.4
	<b>Итого</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>–</b>	<b>54</b>	<b>–</b>	<b>–</b>

### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Введение в дисциплину. Использование моделей дискретных систем при описании процессов управления. Понятие о технологическом и управляющем процессе. Разновидности процессов.	1	ЛВ
2	Классификация технологических процессов и требований к системам управления этими процессами	1	ЛВ
3	Имитационное моделирование дискретных систем на основе сетей Петри. Определение сети Петри. Способы представления сети Петри. граф достижимости маркировок сети Петри. Классификация сетей Петри. Е-сети. Макро- Е-сети. Оценочные сети. Управляющие сети. Раскрашенные	4	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	сети Петри. Управляющие сети. Правила построения и основные свойства управляющих сетей. Подклассы управляющих сетей. Получение правильного управляющего процесса на сетях Петри. Влияние структуры процесса на наличие тупиковых состояний. Тупиковые состояния, вызываемые разделением функциональных ресурсов.		
4	Моделирование дискретно-детерминированных процессов с помощью конечных автоматов Конечные автоматы. Автоматные языки. Таблицы переходов, матрицы переходов, графы. Автоматы Мили. Автоматы Мура. Минимизация автоматов. Отношения эквивалентности. Минимальный и конечный автомат. Изоморфизм. Понятие об алгоритмическом автомате. Определение. Особенности задания алгоритма функционирования автоматизированной системы проектирования.	4	ЛВ
5	Моделирование стохастических процессов с помощью вероятностных автоматов. Вероятностные автоматы. Определение и формы представления вероятностных автоматов. Представление вероятностного автомата семейством матриц. Примеры использования моделей вероятностных автоматов.	4	ЛВ
6	Системы массового обслуживания. Непрерывно-стохастические модели. Общее математическое описание непрерывных стохастических моделей. Марковские процессы. Уравнения Колмогорова для размеченного графа состояния. Система уравнений Колмогорова для финальных вероятностей. Задачи теории массового обслуживания. Схема гибели и размножения. Формула Литтла N – канальная СМО с отказами (задача Эрланга). Одноканальная СМО с неограниченной очередью.	4	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		Всего	на практическую подготовку	
3	Изучение сетей Петри. Формы представления сетей Петри. Освоение операций редактирования сетей. Ознакомление с	4	1	КОП

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		Всего	на практическую подготовку	
	возможностями программного комплекса «Petri Nets System» по расчету и анализу различных классов (типов) сетей. Анализ диаграммы маркировок управляющей сети Петри.			
4	Конечные автоматы. Моделирование дискретного процесса на основе конечных автоматов в специализированной программной среде «FinAuto».	3	1	КОП
5	Вероятностные автоматы. Моделирование стохастических процессов с помощью вероятностных автоматов в специализированной программной среде «ProbAuto».	3	1	КОП
6	Системы массового обслуживания. Изучение теории систем массового обслуживания (СМО) на примере программы «СМО». Исследование различных классов СМО.	4	1	КОП
8	Обсуждение тем курсовых работ. Постановка задачи. Планирование работ. Оформление задания.	1		АТД
8	Выполнение курсовой работы. Демонстрация результатов преподавателю.	3		ПТ

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Изучение моделей и методов описания дискретных технологических процессов.	4	Устный опрос
2	Ознакомление с классификацией технологических процессов.	4	Устный опрос
3	Изучение сетей Петри, анализ сетей, статические и динамические характеристики.	6	Устный опрос
4	Изучение конечных автоматов, аспектов построения графа состояний, моделирования автоматов.	6	Устный опрос
5	Изучение вероятностных автоматов, аспектов построения графа состояний, моделирования автоматов.	6	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
6	Изучение систем массового обслуживания, основных задач, одноканальных и многоканальных СМО.	7	Устный опрос
7	Работа с Интернет-ресурсами с целью изучения существующих моделей и методов описания дискретных технологических процессов.	7	—
8	Выполнение курсовой работы на таблицы решений. Построение системы поддержки принятия решений на основе таблиц решений для исследуемого процесса. Визуализация процесса моделирования. Подготовка пояснительной записки (отчёта).	14	Пояснительная записка

### 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: <https://media.technolog.edu.ru>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и курсовой работы.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется теоретическими вопросами (для проверки знаний, умений и навыков).

При сдаче зачета обучающийся получает два вопроса из перечня фонда оценочных средств. Время подготовки к одному устному ответу – до 20 мин.

Пример варианта билета:

Вариант № __
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация видов моделирования систем.</li> <li>2. Уравнения Колмогорова для размеченного графа состояний (<i>граф состояний прилагается</i>).</li> </ol>

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – «зачтено» и курсовая работа выполнена на оценку «удовлетворительно».

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Норенков, И. П. Автоматизированные информационные системы: Учебное пособие для вузов по направлению 230100 "Информатика и вычислительная техника" / И. П. Норенков. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 342 с. - ISBN 978-5-7038-3446-6
2. Халимон, В. И. Синтез систем логического управления технологическими процессами на основе конечных автоматов и сетей Петри: методические указания / В.И. Халимон, А.Ю. Рогов, О.В. Проститенко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования - Санкт-Петербург : СПбГТИ (ТУ), 2006. - 60 с.

### **б) электронные учебные издания:**

3. Ахмедьянова, Г. Ф. Управление надежностью организационно-технических систем : учебное пособие / Г. Ф. Ахмедьянова. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2018. — 163 с. — ISBN 978-5-7410-2033-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159718> (дата обращения: 23.03.2021). — Режим доступа: по подписке.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://technolog.edu.ru>

### *Электронно-библиотечные системы*

1. Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»): <http://bibl.lti-gti.ru/>
2. Электронный читальный зал СПбГТИ(ТУ) «БиблиоТех»: <https://technolog.bibliotech.ru/>
3. Электронная библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/books/>

### *Рекомендуемые интернет-ресурсы*

1. Репозиторий кафедры системного анализа и информационных технологий: [sa.technolog.edu.ru](http://sa.technolog.edu.ru)

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

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП и СТО СПбГТИ (ТУ):

- СТО СПбГТИ (ТУ) 026-2016. КС УКДВ. Положение о бакалавриате.
- СТП СПбГТИ (ТУ) 040-2002. 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.
- СТО СПбГТИ 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

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 обучающихся являются:

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

На занятия обучающийся должен приходить, имея знания 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, онлайн и оффлайн общение в электронной образовательной среде.

### **10.2. Программное обеспечение**

Операционная система Microsoft Windows 7 / 10.

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint).

PTC MathCAD

Программный комплекс «СМО».

Программный комплекс «FinAuto».

Программный комплекс «ProbAuto».

Программный комплекс «PETRINETS SYSTEM» / Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2001610774 от 21 июня 2001 г.

Программный комплекс «DECISION TABLE TOOLBOX» / Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2003611869 от 12 августа 2003 г.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы**

- Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы**

При проведении лекционных занятий используется аудиторный фонд учебно-методического управления, оснащённый мультимедийным оборудованием.

При проведении практических занятий используется компьютерный класс, оснащенный техническими средствами обучения и персональными компьютерами, объединенными в вычислительную сеть, на требуемое количество посадочных мест.

## **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 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Модели и методы описания дискретных технологических процессов»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-3</b>	Способен осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности	Промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачет» (пороговый)
<b>ПК-3.4</b> Разработка технологических процессов и систем среднего и крупного масштаба сложности	Рассказывает о теории автоматов (ЗН-1)	Ответы на вопросы № 1-29 к зачету, Курсовая работа	Формулирует основные принципы теории автоматов, допуская незначительные ошибки
	Рассказывает о теории сетей Петри (ЗН-2)		Формулирует основные принципы теории сетей Петри, допуская незначительные ошибки
	Рассказывает о теории таблиц решений (ЗН-3)		Формулирует основные принципы теории таблиц решений, допуская незначительные ошибки
	Рассказывает о теории систем массового обслуживания (ЗН-4)		Формулирует основные принципы теории систем массового обслуживания, допуская незначительные ошибки
	Разрабатывает модели дискретных систем при решении задач проектирования систем управления технологическими процессами (У-1)		Разрабатывает модели дискретных систем при решении задач проектирования систем управления технологическими процессами с незначительными подсказками

	Демонстрирует навыки использования математического описания дискретных систем в приложении к реальным технологическим процессам и системам управления (Н-1)		Демонстрирует навыки использования математического описания дискретных систем в приложении к реальным технологическим процессам и системам управления с посторонней помощью
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта, шкала оценивания – «зачтено», «не зачтено» и курсовой работы, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

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

**Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных по компетенции ПК-3:**

1. Понятие системы.
2. Вопросы управления системой.
3. Классификация видов моделирования систем.
4. Общая классификация.
5. Имитационное моделирование.
6. Аналитическое моделирование.
7. Математические схемы моделирования систем.
8. Основные подходы к построению математических моделей систем.
9. D - схемы.
10. F - схемы.
11. P - схемы.
12. Непрерывно - стохастические модели (Q - схемы, общие представления).
13. Обобщенные модели (A-системы).
14. Марковские случайные процессы.
15. Уравнения Колмогорова для размеченного графа состояний.
16. Система уравнений Колмогорова для финальных вероятностей.
17. Задачи теории массового обслуживания.
18. Схема гибели и размножения.
19. Формула Литтла.
20. N - канальная СМО с отказами (задача Эрланга).
21. Одноканальная СМО с неограниченной очередью.
22. Сети Петри.
23. Представление сетей Петри.
24. Динамические и статические ограничения для сетей Петри.
25. Диаграмма переходов сети Петри.
26. Таблицы решений (ТР).
27. Изучение таблиц решений. Построение дерева решений.
28. Системы поддержки принятия решений на основе таблиц решений.
29. Создание БД и БЗ в рамках теории ТР, реализация машины вывода.

При сдаче зачета обучающийся получает два вопроса из приведенного перечня.

#### **4. Темы курсовых работ**

Курсовая работа заключается в построении системы поддержки принятия решений на основе таблиц решений для исследуемого процесса с использованием программного комплекса «Системы поддержки принятия решений реального времени (СППР РВ)».

Обучающемуся предлагаются следующие типовые темы курсовых работ:

1. Процесс абсорбции.
2. Процесс ректификации.
3. Процесс экстракции.
4. Процесс кристаллизации.
5. Процесс адсорбции.
6. Процесс сушки.
7. Ионообменные процессы.
8. Мембранное разделение.
9. Полимеризация.
10. Алкилирование.

#### **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачётов и экзаменов.