

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шевчик Андрей Павлович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 22.11.2022 14:13:53  
Уникальный программный ключ:  
476b4264da36714552dc83748d2961662babc012



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

Утверждаю  
Ректор

\_\_\_\_\_ А.П. Шевчик

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И**  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Научная специальность**

**2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования**

**Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**Очная форма обучения**

**Санкт-Петербург**  
**2022**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

### РАЗРАБОТЧИКИ

Должность, ученое звание	Подпись	Фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой САПРиУ, профессор		Чистякова Т.Б.
Доцент кафедры САПРиУ, доцент		Новожилова И.В.

Рабочая программа дисциплины «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования и управления протокол от «28» января 2022 г. № 5

Заведующий кафедрой  
систем автоматизированного проектирования и  
управления

Чистякова Т.Б.

### СОГЛАСОВАНО

Ответственный за подготовку программы – заведующий кафедрой САПРиУ, профессор		Чистякова Т.Б.
Ответственный за подготовку программы – доцент кафедры САПРиУ, доцент		Полосин А.Н.
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры		Еронько О.Н.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры.....	4
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
5. Порядок проведения промежуточной аттестации.....	13
6. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	13
а) печатные учебные издания:.....	13
б) электронные учебные издания:.....	14
в) вспомогательные печатные и электронные источники:.....	18
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	20
8. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины.....	20
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	21
9.1. Информационные технологии.....	21
9.2. Программное обеспечение.....	21
9.3. Информационные справочные системы.....	22
10. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	23
11. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	24

## **1. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины.**

Цель изучения дисциплины – углубленное изучение наиболее важных и актуальных теоретических и практических вопросов, охватываемых паспортом научной специальности 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования, приобретение навыков использования научных методов и средств для решения теоретических и прикладных задач научной специальности, подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальности «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования».

Задачи изучения дисциплины:

- систематизация, углубление и расширение теоретических знаний в области компьютерного моделирования и автоматизации проектирования сложных технических объектов;
- овладение методами и технологиями научных исследований в области компьютерного моделирования и автоматизации проектирования;
- подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальности «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования».

В результате освоения программы аспирантуры аспирант должен продемонстрировать следующие обобщенные результаты освоения дисциплины «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования»:

- способность демонстрировать и применять в научной деятельности углубленные знания в области компьютерного моделирования и автоматизации проектирования сложных технических объектов;
- свободное владение методами решения научных задач, связанных с построением и исследованием компьютерных моделей формирования проектных решений, синтеза, анализа и графической визуализации сложных технических объектов проектирования, созданием цифровых информационных моделей, построением комплекса средств САПР, разработкой алгоритмов компьютерного и имитационного моделирования, программных комплексов оптимального проектирования сложных технических изделий и процессов;
- способность применять современные информационные технологии при алгоритмизации и программной реализации компьютерных моделей для решения задач автоматизированного проектирования сложных технических объектов.

## **2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры.**

Дисциплина «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и представляет обязательные элективные дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов. Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 и 4 семестрах.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования» знания, умения и навыки могут быть использованы в научной деятельности аспиранта.

### 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, акад. часы
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/академических часов)	<b>5/180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>40</b>
Обзорно-установочные лекции и консультации	40
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>104</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b> – кандидатский экзамен (4 семестр)	<b>36</b>

Рабочая программа дисциплины рассчитана на 5 зачетных единиц (**180** акад. часов), из них 22 % составляют аудиторные занятия, включающие обзорно-установочные лекции и консультации с преподавателем. Основная часть работы аспиранта является самостоятельной и включает изучение рекомендованной литературы и электронных ресурсов, подготовку к кандидатскому экзамену.

Обзорно-установочные лекции и консультации могут проводиться, в том числе с использованием дистанционных образовательных технологий, электронного обучения.

#### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Обзорно-установочные лекции, консультации, акад. часы	Самостоятельная работа, акад. часы
1.	Введение в методологию автоматизированного проектирования сложных технических объектов. Постановка, формализация и типизация проектных и технологических процедур. Технологии автоматизированного проектирования: жизненный цикл цифровых информационных моделей при создании новых и реконструкции существующих технических объектов, постановка задачи автоматизированного проектирования, алгоритмы проектирования. Современные среды проектирования (Компас, Intergraph, NanoCAD, SolidWorks и другие). Проектирование 3D моделей с использованием виртуальной (VR) и дополненной реальности для синтеза анализа и графической визуализации сложных технических объектов проектирования.	4	12
2.	Постановка комплексной задачи управления жизненным циклом промышленной продукции (изделий). Характеристика автоматизированных систем на этапах жизненного цикла промышленной продукции. Определения CAD/CAM/CAE/PDM/PLM систем. Технологии информационной поддержки этапов жизненного цикла промышленной продукции (изделий). Интегрированные средства управления проектными работами и унификации прикладных протоколов информационной поддержки. CALS-технологии. Методология IDEF.	4	12
3.	Архитектура САПР и АСТПП. Роль САПР и АСТПП в производственном цикле. Интеграция средств САПР и АСТПП в единый процесс. Интегрированные системы проектирования и управления.	4	6
4.	Комплекс средств САПР, включающий информационное, математическое, лингвистическое, методическое, техническое, программное обеспечение непрерывной информационной поддержки жизненного цикла проектируемых объектов.	4	8
5.	Информационное обеспечение САПР. Интеллект-карты для систематизации информации о сложных технических объектах проектирования и разработки базы данных технических объектов, включающих информацию о свойствах, сырье, продукции, оборудовании. Таблицы решений и базы правил проектирования технических объектов.	4	12
6.	Математическое обеспечение САПР: имитационные компьютерные модели, критерии и методы оптимизации. Алгоритмы и примеры решения задач проектного и поверочного расчетов автоматизированного проектирования для технических объектов. Методы и алгоритмы обработки и формирования проектных решений. Примеры программной реализации компьютерных моделей и алгоритмов для оценки и тестирования технических, экономических, экологических характеристик технических объектов проектирования.	6	14

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Обзорно- установочные лекции, кон- сультации, акад. часы	Самостоятель- ная работа, акад. часы
7.	Лингвистическое и программное обеспечение САПР: характеристика языков проектирования и программирования в САПР. CASE-инструменты. Методы и средства взаимодействия проектировщик – система с использованием компьютерных моделей и технологий искусственного интеллекта (информационно-поисковых тезаурусов на псевдо естественном языке, базы продукционных правил проектирования). Виды проектной и программной документации, стандартов автоматизированного проектирования.	4	12
8.	Техническое обеспечение САПР. Характеристика вычислительных сетей в САПР, средств телекоммуникации, периферийных устройств (3D-сканеров, 3D-принтеров).	2	8
9.	Современные направления развития аддитивных технологий в автоматизированном проектировании.	4	6
10.	Цифровизация промышленности, цифровые двойники в условиях четвертой промышленной революции. Определение термина «цифровой двойник», структура, применение на стадиях жизненного цикла высокотехнологичных изделий промышленности: от разработки цифровых моделей с учетом целевых показателей и ресурсных ограничений, компьютерного моделирования технологических процессов изготовления изделий до их эксплуатации. Задача комплексного компетентностно-ориентированного обучения проектных инжиниринговых команд для решения задач цифровизации и промышленного инжиниринга современных предприятий.	4	14
<b>Итого</b>		<b>40</b>	<b>104</b>

## 4.2. Обзорно-установочные лекции.

№ раздела	Наименование тем обзорно-установочных лекций	Объем, акад. часы
1	Введение в методологию автоматизированного проектирования сложных технических объектов. Основные термины, используемые при автоматизированном проектировании. Принципы системного подхода. Постановка, формализация и типизация проектных и технологических процедур. Уровни описания и параметры проектируемых технических объектов.	1
1	Определение «цифровой информационной модели». Технологии автоматизированного проектирования: жизненный цикл цифровых информационных моделей при создании новых и реконструкции существующих технических объектов, постановка задачи автоматизированного проектирования, алгоритмы проектирования. Управление построением цифровых информационных моделей.	1
1	Современные среды проектирования (Компас, Intergraph, NanoCAD, SolidWorks и другие). Основные средства визуализации виртуальных моделей. Особенности проектирования сложных перенастраиваемых производственных систем. Проектирование 3D моделей с использованием виртуальной (VR) и дополненной реальности для синтеза анализа и графической визуализации сложных технических объектов проектирования.	2
2	Постановка комплексной задачи управления жизненным циклом промышленной продукции (изделий). Характеристика автоматизированных систем на этапах жизненного цикла промышленной продукции. Определения CAD/CAM/CAE/PDM/PLM систем. Назначение, функции и состав системной среды САПР. Управление проектными данными, документооборотом, проектированием. Интеграция автоматизированных систем.	2
2	Технологии информационной поддержки этапов жизненного цикла промышленной продукции (изделий). Интегрированные средства управления проектными работами и унификации прикладных протоколов информационной поддержки. Понятие о технологиях информационной поддержки жизненного цикла изделий (CALS-технологиях). Системы международных CALS-стандартов.	1
2	Методология IDEF – методологии семейства ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing) для решения задач моделирования сложных систем. Функциональное и поведенческое моделирование сложных систем. Методики IDEF0 и IDEF3. Организация процесса функционального моделирования и управление проектом. Информационные модели. Методика IDEF1X.	1
3	Архитектура САПР. Состав и структура САПР. Подсистемы САПР. Характеристика связей в САПР. Функции системы. Системные характеристики САПР. Классификация САПР. Проектирующие и обслуживающие подсистемы. Свойства САПР, как сложной системы.	1
3	Архитектура АСТПП. Основные задачи технологической подготовки производства. Особенности принятия проектных решений в процессе технологической подготовки производства. Принципы построения АСТПП. Обзор языков описания технологической информации.	1
3	Роль САПР и АСТПП в производственном цикле. Интеграция средств САПР и АСТПП в единый процесс. Интегрированные системы проектирования и управления. Типовая архитектура интегрированной автоматизированной системы. Функции уровней управления интегрированной системы. Место САПР и АСТПП в интегрированных системах проектирования, управления и производства.	2
4	Комплекс средств САПР, структура. Виды обеспечения комплекса средств САПР: информационное, математическое, лингвистическое, методическое, техническое, программное обеспечение непрерывной информационной	4



№ раздела	Наименование тем обзорно-установочных лекций	Объем, акад. часы
	поддержки жизненного цикла проектируемых объектов. Требования к компонентам видов обеспечения.	
5	Информационное обеспечение САПР. Трудно формализуемые задачи предметной области (сложных объектов проектирования) и методы их решения. Функциональный и предметный принцип проектирования информационной структуры. Диаграммы потоков данных Многоуровневая архитектура баз данных. Внешняя, концептуальная и внутренняя модели данных. СУБД. Инфологическое и даталогическое проектирование. Разработка баз данных технических объектов, включающих информацию о свойствах, сырье, продукции, оборудовании.	2
5	Интеллект-карты для систематизации информации о сложных технических объектах проектирования. Основные принципы построения онтологий предметной области. Концепты, отношения, классификация отношений. Таблицы решений и базы правил проектирования технических объектов. Модели представления правил проектирования. Определение цели построения систем, основанных на знаниях для решения задач проектирования и управления сложными техническими объектами. Типовая структура. Характеристика базы данных, базы правил, интерпретатора, модуля объяснения, модуля сбора знаний (правил). Пользователи интеллектуальной системы проектирования.	2
6	Математическое обеспечение САПР. Обобщенная модель объекта проектирования. Среда проектирования. Пространство варьируемых параметров. Критериальные показатели. Формирование критериев эффективности в САПР и ресурсных ограничений. Требования к критериям эффективности. Частные критерии. Аддитивные критерии. Минимаксные, максиминные критерии. Методы оценки частных критериев эффективности.	2
6	Классификация математических моделей в САПР. Характеристика структурных и функциональных моделей. Имитационные модели. Разработка имитационных моделей сложных систем. Характеристика процедур и методов решения моделей. Требования к математическим моделям в САПР.	1
6	Математическое обеспечение синтеза проектных решений. Задачи структурного синтеза сложных систем. Способы представления множества проектных решений. Поиск оптимальных проектных решений.	1
6	Алгоритмы. Типы, способы реализации. Алгоритмы и примеры решения задач проектного и поверочного расчетов автоматизированного проектирования для технических объектов. Методы и алгоритмы обработки и формирования проектных решений.	1
6	Примеры программной реализации компьютерных моделей и алгоритмов для оценки и тестирования технических, экономических, экологических характеристик технических объектов проектирования.	1
7	Лингвистическое и программное обеспечение САПР: характеристика языков проектирования и программирования в САПР. CASE-инструменты, классификация.	1
7	Унифицированный язык моделирования (UML). Основные компоненты UML, описание семантики UML, графическая нотация. Диаграммы вариантов использования.	1
7	Методы и средства взаимодействия проектировщик – система с использованием компьютерных моделей и технологий искусственного интеллекта (информационно-поисковых тезаурусов на псевдо естественном языке, базы производственных правил проектирования). Виды проектной и программной документации, стандартов автоматизированного проектирования.	1
7	Структура и характеристики программного обеспечения САПР.	1
8	Техническое обеспечение САПР. Требования к техническому обеспечению	2

№ раздела	Наименование тем обзорно-установочных лекций	Объем, акад. часы
	САПР. Архитектуры серверов и суперкомпьютеров. Характеристика вычислительных сетей в САПР, средств телекоммуникации, периферийных устройств (3D-сканеров, 3D-принтеров).	
9	Современные направления развития аддитивных технологий в автоматизированном проектировании. Области применения аддитивных технологий. Основные технологии аддитивного производства. Реализация междисциплинарного взаимодействия на всех этапах жизненного цикла синтеза сложных изделий (исследование свойств композиционных материалов, проектирование прототипов и реализация математических моделей для оценки качества напечатанных изделий). Постановка задачи выбора рационального режима 3D-печати изделий различной конфигурации. Пример функциональной структуры интегрированной компьютерной системы проектирования и управления качеством изделий на базе аддитивных технологий.	4
10	Цифровизация промышленности, цифровые двойники в условиях четвертой промышленной революции. Определение термина «цифровой двойник», структура, применение на стадиях жизненного цикла высокотехнологичных изделий промышленности: от разработки цифровых моделей с учетом целевых показателей и ресурсных ограничений, компьютерного моделирования технологических процессов изготовления изделий до их эксплуатации.	2
10	Задача комплексного компетентностно-ориентированного обучения проектных инжиниринговых команд для решения задач цифровизации и промышленного инжиниринга современных предприятий. Разработка автоматизированных обучающих систем как инструмента подготовки инжиниринговых команд для решения задач цифрового проектирования и ресурсосберегающего управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий промышленности. Укрупненная схема управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий с учетом специалистов инжиниринговой команды. Методология формирования траектории обучения инжиниринговой команды для решения задач проектирования и ресурсосберегающего управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий.	2
<b>Итого</b>		<b>40</b>

#### 4.3. Самостоятельная работа аспирантов.

№ раздела	Наименование тем для самостоятельной работы	Объем, акад. часы
1	Современные тенденции развития САПР. Ведущие производители САПР, основные характеристики программных продуктов.	4
1	Геометрическое моделирование и машинная графика. Типы геометрических моделей. Методы и алгоритмы компьютерной графики. Современные среды проектирования (Компас, Intergraph, NanoCAD, SolidWorks и другие). Проектирование 3D моделей с использованием виртуальной (VR) и дополненной реальности для синтеза анализа и графической визуализации сложных технических объектов проектирования в выбранной среде проектирования.	4
1	Изучение программного обеспечения для трехмерного проектирования Intergraph Smart® 3D.	4
2	Этапы проектирования автоматизированных систем.	2
2	Автоматизированные системы в промышленности. Системы ERP. Логистические системы. Системы SCM. CRM – системы взаимоотношений с заказчиками. Системы SCADA. Структура CAD/CAM систем.	4
2	Финансовый анализ рынка CAD-, CAE- и PLM-технологий.	2

№ раздела	Наименование тем для самостоятельной работы	Объем, акад. часы
2	Технологии информационной поддержки этапов жизненного цикла изделий. Обзор CALS-стандартов. PDM – управление проектными данными. Интегрированная логистическая поддержка. Стандарты управления качеством промышленной продукции.	4
2	Современные форматы и алгоритмы интегрирования в САПР, анализ существующих форматов.	2
2	Понятие о мета-САПР.	2
3	Введение в автоматизацию технологического проектирования. Примеры конструкторских САПР и проектирующих подсистем САПР.	2
3	Применение задачи рационального упорядочивания в процессе технологической подготовки производства.	2
3	Структура CAD/CAM систем.	2
4	Структура и принципы построения комплекса средств САПР.	2
4	Изучение комплекса стандартов на автоматизированные системы.	4
5	Проектирование информационного обеспечения САПР. Разработка структуры базы данных. Разработка баз данных технических объектов, включающих информацию о свойствах, сырье, продукции, оборудовании. Инфологическая модель описания данных. Даталогическая модель описания данных с указанием используемых типов, размеров, форматов данных, отношений, первичных/ вторичных ключей.	4
5	Изучение инструментальных средств разработки концептуальных интеллект-карт (SmartTools, Mind Manager и др.) на примере систематизации и представления информации об объектах полимерной, металлургической, нефтехимической и других отраслей промышленности.	4
5	Характеристика данных и знаний, необходимых при синтезе цифровых информационных моделей заданной предметной области с использованием интеллектуальных технологий. Описание формальных свойств теоретических и эвристических знаний.	2
5	Обоснование модели представления знаний и разработка базы знаний (базы правил) проектирования для решения задач заданной предметной области в выбранной инструментальной среде.	2
6	Этапы математического моделирования. Формализованное описание объекта предметной области как объекта проектирования. Постановка задачи проектирования технического объекта заданной предметной области. Изучение математического ядра современных САПР.	2
6	Виды математических моделей. Детерминированные модели. Статические и динамические модели. Эмпирические модели. Использование современных компьютерных технологий для построения эмпирических моделей технических объектов.	2
6	Постановка задач оптимизации. Критерии оптимизации. Многокритериальная оптимизация. Методы решения задач оптимизации, реализованные в современных программных продуктах.	2
6	Области применения имитационных моделей. Автоматические и диалоговые имитационные модели. Обработка и анализ результатов моделирования. Оценка качества имитационной модели. Программные системы имитационного моделирования.	2
6	Универсальные математические пакеты как средства компьютерного моделирования технических объектов и систем (MathCAD, MatLab).	2

№ раздела	Наименование тем для самостоятельной работы	Объем, акад. часы
	Характеристика (решаемые задачи, функциональные возможности) и примеры универсальных математических пакетов.	
6	Изучение алгоритмов компоновки и размещения оборудования. Современные САПР для компоновки и размещения оборудования.	2
6	Проверка адекватности математических моделей. Критерии адекватности.	2
7	Унифицированный язык моделирования (UML). Описание семантики UML, графическая нотация, описание дополнительных понятий. Диаграммы классов, взаимодействия, последовательности, кооперативные диаграммы, диаграммы состояний, деятельности и размещения. Объект, составной объект, активный объект.	4
7	Структура стандартов STEP. Организация в STEP информационных обменов. Интегрированные ресурсы и компоненты в STEP. Прикладные протоколы STEP. Язык моделирования Express. Структура моделей на языке Express.	4
8	Классификация вычислительных сетей, каналов передачи данных и методов множественного доступа. Кластеризация серверных систем. Изучение механизма виртуализация. Предпосылки и определения облачных структур.	2
8	Периферийные устройства ЭВМ: Современные средства интерактивного доступа. Интерфейсы периферийных устройств: разнообразие проводных и беспроводных средств и их использование на практике. Мультимедийные средства.	2
8	3D-сканеры, методы сканирования. Облако точек лазерного 3D-сканирования. Работа с облаками точек и координационными моделями. Выполнение стандартных операций редактирования облаков точек. Использование геопозиционирования и изображений карты.	2
8	3D-принтеры. Способы 3D-печати. Форматы файлов. Преобразование 3D-модели объекта в формат для 3D-печати.	2
9	Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств. Выбор технологии аддитивного производства. Технологии гибридного аддитивного формообразования. Общие принципы гибридных технологий. Полимерные аддитивные технологии. Изучение процесса 3D-печати на примере 3D-принтеров UP! Mini и HAGE 3Dp-A2.	4
10	Определение четвертой промышленной революции, переход к пятой промышленной революции. Определение промышленного инжиниринга. Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем. Краткая характеристика инструментов компьютеризированного инжиниринга технических систем и бизнес-процессов. Инжиниринг энергоресурсосберегающих технологий безвреживания и обработки отходов.	4
10	Профессиональные стандарты. Компетенции в области проектирования. Формирование инжиниринговой команды и траектории обучения.	2
10	Цифровой двойник. Мировой рынок цифровых двойников в высокотехнологичной промышленности. Примеры объектов моделирования. Технологии цифровых двойников в нефтегазовой промышленности.	4
1-10	Формирование материалов для подготовки дополнительной программы кандидатского экзамена, соответствующей теме диссертации.	8
<b>Итого</b>		<b>104</b>

## **5. Порядок проведения промежуточной аттестации.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме кандидатского экзамена в соответствии с избранной специальностью.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных результатов обучения по дисциплине и комплектуется вопросами, представленными в программе кандидатского экзамена по научной специальности 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования.

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

### **а) печатные учебные издания:**

1 Аддитивные технологии : учебное пособие / М. М. Сычев [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2018. – 36 с.

2 Балакирев, В. С. Надежность систем автоматизации : Учебное пособие для вузов / В. С. Балакирев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Саратовский государственный технический университет. – 2-е изд., испр. – Саратов : Саратовский государственный технический университет, 2006. – 148 с. – ISBN 5-7433-1648-1.

3 Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении : Учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2010. – 447 с. – ISBN 978-5-91134-146-6.

4 Головин, Ю. А. Информационные сети : Учебник для вузов / Ю. А. Головин, А. А. Суконщиков, С. А. Яковлев. – Москва : Академия, 2011. – 376 с. – ISBN 978-5-7695-6459-8.

5 Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике : Учебник для вузов / В. С. Зарубин. - 3-е изд. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. – 495 с. – ISBN 978-5-7038-3194-6 (Вып. XXI). – ISBN 978-5-7038-3022-2.

6 Злобин, В. К. Нейросети и нейрокомпьютеры : Учебное пособие / В. К. Злобин, В. Н. Ручкин. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. – 252 с. – ISBN 978-5-9775-0718-9.

7 Коваленко, В. В. Проектирование информационных систем : учебное пособие / В. В. Коваленко. – Москва : Форум, 2012. – 319 с. – ISBN 978-5-91134-549-5.

8 Кондаков, А. И. САПР технологических процессов : Учебник для вузов / А. И. Кондаков. – Москва : Академия, 2007. – 268 с. – ISBN 978-5-7695-3338-9.

9 Краснобородько, Д. А. Моделирование химических реакторов с помощью информационно-моделирующей программы Aspen Hysys : Учебное пособие / Д. А. Краснобородько, В. А. Холоднов, Е. А. Елагина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. – 53 с. :

10 Лесин, В. В. Основы методов оптимизации : Учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011. – 341 с. – ISBN 978-5-8114-1217-4.

11 Моделирование систем : учебник для вузов / С. И. Дворецкий [и др.]. – Москва : Академия, 2009. – 316 с. – ISBN 978-5-7695-4737-9.

12 Норенков, И. П. Автоматизированные информационные системы : Учебное пособие / И. П. Норенков. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 342 с. – ISBN 978-5-7038-3446-6.

13 Орлов, С. А. Теория и практика языков программирования : учебник / С. А. Орлов. - Москва ; Санкт-Петербург ; Нижний Новгород : Питер, 2014. – 688 с. – ISBN 978-5-496-00032-1.

- 14 Плонский, В. Ю. Проектирование баз данных в СУБД MySQL : Практикум / В. Ю. Плонский, Г. В. Кузнецова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2019. – 54 с.
- 15 Проектирование систем автоматизации процессов нефтепереработки : учебно-методическое пособие / А. Д. Ермоленко [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Харазова. – Санкт-Петербург : Профессия, 2017. – 272 с. – ISBN 978-5-9909837-3-1.
- 16 Расчеты химико-технологических процессов : Учебное пособие для химико-технологических спец. вузов / А. Ф. Туболкин [и др.] ; Под ред. И. П. Мухленова. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : Альянс, 2015. – 248 с. – ISBN 978-5-91872-079-0.
- 17 Системный анализ и принятия решений. Технология вычислений в системе компьютерной математики Mathcad : Учебное пособие / В. А. Холоднов [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2013. – 151 с.
- 18 Скворцов, А. В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции : учебник для вузов / А. В. Скворцов, А. Г. Схиртладзе, Д. А. Чмырь. – Москва : Академия, 2013. – 319 с. – ISBN 978-5-7695-6848-0.
- 19 Смоленцев, В. П. Управление системами и процессами : Учебник для вузов / В. П. Смоленцев, В. П. Мельников, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. П. Мельникова. – Москва : Академия, 2010. – 333 с. – ISBN 978-5-7695-5732-3.
- 20 Советов, Б. Я. Представление знаний в информационных системах : Учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. – Москва : Академия, 2011. – 143 с. – ISBN 978-5-7685-6886-2.
- 21 Схиртладзе, А. Г. Интегрированные системы проектирования и управления : Учебник для вузов. – Москва : Академия, 2010. – 347 с. – ISBN 978-5-7695-6457-4.
- 22 Харазов, В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами : Учебное пособие для вузов / В. Г. Харазов. - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Профессия, 2013. – 655 с. – ISBN 978-5-904757-56-4.
- 23 Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение : учебное пособие для вузов / Н. В. Лисицын [и др.]. – Санкт-Петербург : Менделеев, 2013. – 392 с. – ISBN 978-5-94922-034-4.
- 24 Чистякова, Т. Б. Интеллектуальное управление многоассортиментным коксохимическим производством : научное издание / Т. Б. Чистякова, О. Г. Бойкова, Н. А. Чистяков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. – Санкт-Петербург : ЦОП «Профессия», 2010. – 187 с. – ISBN 978-5-91884-013-9.
- 25 Электронный учебный курс для повышения квалификации специалистов металлургических предприятий в области технологий производства и эксплуатации наноструктурных огнеупорных материалов металлургического назначения : учебно-методическое пособие / Т. Б. Чистякова [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2015. – 51 с.

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

- 26 Автоматизированные системы обработки информации и управления качеством нанопродукции : учеб. пособие / Т. Б. Чистякова [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирова-

ния и управления. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2013. – 87 с. – Текст : электронный // Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

27 Андрианова, А. А. Алгоритмизация и программирование. Практикум : учебное пособие / А. А. Андрианова, Л. Н. Исмагилов, Т. М. Мухтарова. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 240 с. – ISBN 978-5-8114-3336-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

28 Вейцман, В. М. Проектирование информационных систем : учебное пособие / В. М. Вейцман. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 316 с. – ISBN 978-5-8114-3713-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

29 Волкова, В. Н. Системный анализ информационных комплексов : учебное пособие / В. Н. Волкова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 336 с. – ISBN 978-5-8114-5601-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

30 Гаврилов, А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами : Учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. - 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. – 376 с. – ISBN 978-5-8114-4584-4 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

31 Гаврилова, Т. А. Инженерия знаний. Модели и методы : учебник для вузов / Т. А. Гаврилова, Д. В. Кудрявцев, Д. И. Муромцев. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 324 с. – ISBN 978-5-8114-8793-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

32 Гартман, Т. Н. Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики : учебное пособие / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 404 с. – ISBN 978-5-8114-3900-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

33 Гвоздева, Т. В. Проектирование информационных систем: технология автоматизированного проектирования. Лабораторный практикум : учебное пособие / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 156 с. – ISBN 978-5-8114-5147-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

34 Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н. В. Голубева. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 192 с. – ISBN 978-5-8114-1424-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

35 Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : Учебное пособие для вузов / А. М. Гумеров. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. – 176 с. – ISBN 978-5-8114-1533-5 : // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

36 Жук, Ю. А. Информационные технологии: мультимедиа : учебное пособие для вузов / Ю. А. Жук. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-6683-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

37 Журавлев, А. Е. Инфокоммуникационные системы. Аппаратное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев. – Санкт-Петербург

: Лань, 2020. – 392 с. – ISBN 978-5-8114-5342-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

38 Затонский, А. В. Моделирование объектов управления в MatLab : учебное пособие / А. В. Затонский, Л. Г. Тугашова. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 144 с. – ISBN 978-5-8114-3270-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

39 Земсков, Ю. П. Основы проектной деятельности : учебное пособие / Ю. П. Земсков, Е. В. Асмолова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 184 с. – ISBN 978-5-8114-4395-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

40 Информационные технологии. Базовый курс : учебник для вузов / А. В. Костюк, С. А. Бобонец, А. В. Флегонтов, А. К. Черных. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 604 с. – ISBN 978-5-8114-8776-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

41 Копылов, Ю. Р. Компьютерные технологии в машиностроении. Практикум : учебное пособие / Ю. Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 500 с. – ISBN 978-5-8114-4005-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

42 Копылов, Ю.Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 496 с. – ISBN 978-5-8114-3913-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

43 Кутергин, В. А. Бизнес-инжиниринг. Модельная интерпретация управления изменениями : учебное пособие для вузов / В. А. Кутергин. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 396 с. – ISBN 978-5-8114-8531-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

44 Макшанов, А. В. Технологии интеллектуального анализа данных : учебное пособие / А. В. Макшанов, А. Е. Журавлев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 212 с. – ISBN 978-5-8114-4493-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

45 Маран, М. М. Программная инженерия : учебное пособие для вузов / М. М. Маран. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 196 с. – ISBN 978-5-8114-9323-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

46 Методы и модели исследования сложных систем и обработки больших данных : монография / И. Ю. Парамонов, В. А. Смагин, Н. Е. Косых, А. Д. Хомоненко ; под редакцией В. А. Смагина и А. Д. Хомоненко. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 236 с. – ISBN 978-5-8114-4006-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

47 Модели и способы взаимодействия пользователя с киберфизическим интеллектуальным пространством : монография / И. В. Ватаманюк, Д. К. Левоневский, Д. А. Малов [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 176 с. – ISBN 978-5-8114-3877-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

48 Нечеткое моделирование и управление в технических системах : учебное пособие для вузов / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко, И. Ю. Кудинов, А. Ф. Пашенко. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-9031-8. – Текст : элек-



тронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

49 Остроух, А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии : Монография / А. В. Остроух, А. Б. Николаев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. – 308 с. – ISBN 978-5-8114-8578-9 : // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

50 Остроух, А. В. Системы искусственного интеллекта : монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 228 с. – ISBN 978-5-8114-8519-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

51 Павлов, Л. А. Структуры и алгоритмы обработки данных : учебник для вузов / Л. А. Павлов, Н. В. Первова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-7259-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

52 Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 424 с. – ISBN 978-5-8114-1566-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

53 Пен, Р. З. Статистические методы математического моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов : учебное пособие для вузов / Р. З. Пен, В. Р. Пен. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 308 с. – ISBN 978-5-8114-8369-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

54 Советов, Б. Я. Информационные технологии: теоретические основы : Учебное пособие для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. – 444 с. – ISBN 978-5-8114-1912-8 : // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

55 Тюкачев, Н. А. C#. Программирование 2D и 3D векторной графики : учебное пособие для спо / Н. А. Тюкачев, В. Г. Хлебостроев. – 2-е, стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-8988-6. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

56 Федотов, А. В. Компьютерное управление в производственных системах : учебное пособие для вузов / А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 620 с. – ISBN 978-5-8114-8065-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

57 Флегонтов, А. В. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных : монография / А. В. Флегонтов, В. Б. Вилков, А. К. Черных. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 332 с. – ISBN 978-5-8114-4402-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

58 Цветков, В. Я. Основы теории сложных систем : учебное пособие / В. Я. Цветков. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 152 с. – ISBN 978-5-8114-3509-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

59 Цехановский, В. В. Управление данными : учебник для вузов / В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 432 с. – ISBN 978-5-8114-1853-

4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

60 Чертовской, В. Д. Моделирование процессов адаптивного автоматизированного управления производством : монография / В. Д. Чертовской. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 200 с. – ISBN 978-5-8114-3668-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

**в) вспомогательные печатные и электронные источники:**

61 Яблокова, М. А. Экологические аспекты строительства : учебное пособие / М. А. Яблокова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерного проектирования. – Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2019. – 128 с. – Текст : электронный // Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

62 Яблокова, М. А. Инженерная экология гидросферы : Учебное пособие / М. А. Яблокова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерного проектирования. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2021. – 49 с. // Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

63 Проектирование однокорпусной выпарной установки непрерывного действия : учебное пособие / О. М. Флисюк [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра процессов и аппаратов. – Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2014. – 47 с. // Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

64 Марцулевич, Н. А. Надежность химико-технологических систем : Учебное пособие / Н. А. Марцулевич, В. З. Борисов ; СПбГТИ(ТУ). – Санкт-Петербург : Изд-во СПб. гос. ун-та экономики и финансов, 2002. – 149 с. – ISBN 5-7310-1610-0.

65 Проектирование и расчет аппаратов основного органического и нефтехимического синтеза : Учебник для вузов / И. А. Грязнов, Н. Г. Дигуров, В. В. Кафаров, М. Г. Макаров; Отв. ред. Н. Н. Лебедев. – Москва : Химия, 1995. – 256 с. – ISBN 5-7245-0405-7.

66 Кафаров, В. В. Анализ и синтез химико-технологических систем : Учебник для химико-технологических спец. вузов / В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин. – Москва : Химия, 1991. – 432 с. – ISBN 5-7245-0366.

67 Кольцова, Э. М. Методы синергетики в химии и химической технологии : учебное пособие для вузов / Э. М. Кольцова, Л. С. Гордеев. – Москва : Химия, 1999. – 253 с. – ISBN 5-7245-1157-6.

68 Барботько, А. И. Основы теории математического моделирования : учебное пособие для вузов / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2009. – 209 с. – ISBN 978-5-94178-148-5.

69 Барков, И. А. Объектно-ориентированное программирование : учебник / И. А. Барков. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. – 700 с. – ISBN 978-5-8114-3586-9 // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.02.2022). – Режим доступа: по подписке

- 70 Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – Москва : Академкнига, 2006. – 416 с. – ISBN 5-94628-268-9.
- 71 Интеллектуальные системы технологического проектирования, управления и обучения в многоассортиментном производстве гранулированных пористых материалов из тонкодисперсных частиц / Т. Б. Чистякова, Ю. И. Шляго, И. В. Новожилова, Н. В. Мальцева. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2012. – 324 с. – ISBN 978-5-905240-47-8.
- 72 Карпенко, А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учебное пособие / А. П. Карпенко. – 2-е изд. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446 с. – ISBN 978-5-7038-4634-6.
- 73 Компьютерные программы для решения задач многоцелевой оптимизации в химической технологии : учебное пособие для вузов / В. А. Холоднов, Д. А. Краснобордско, Р. Ю. Кулишенко, М. Ю. Лебедева. – Москва : Юрайт, 2022. – 196 с. – ISBN 978-5-534-14875-6.
- 74 Лафоре, Р. Объектно-ориентированное программирование в C++ / Р. Лафоре. – 4-е изд. – Москва [и др.] : Питер, 2015. – 928 с. – ISBN 978-5-496-00353-7.
- 75 Липаев, В. В. Тестирование компонентов и комплексов программ : учебник / В. В. Липаев. – Москва : СИНТЕГ, 2010. – 400 с. – ISBN 978-5-89638-115-0.
- 76 Математическое моделирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / В. С. Балакирев, С. И. Дворецкий, Н. Н. Аниськина, В. Н. Акишин. – Ярославль : Издательский дом Н. П. Пастухова, 2018. – 351 с. – ISBN 978-5-904937-09-6.
- 77 Незнанов, А. А. Программирование и алгоритмизация : учебник для вузов / А. А. Незнанов. – Москва : Академия, 2010. – 304 с. – ISBN 978-5-7695-6767-4 // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.02.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
- 78 Нечеткое моделирование и управление в технических системах : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко, И. Ю. Кудинов, А. Ф. Пашенко. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-9031-8 // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.02.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 79 Строгалев, В. П. Имитационное моделирование : учебное пособие для вузов / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева. – 3-е изд. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 295 с. – ISBN 978-5-7038-4751-0.
- 80 Тенишев, Д. Ш. Лингвистическое и программное обеспечение автоматизированных систем : учебное пособие для вузов / Д. Ш. Тенишев ; под редакцией Т. Б. Чистяковой. – Санкт-Петербург : ЦОП «Профессия», 2010. – 403 с. – ISBN 978-5-91884-017-7.

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

Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета (URL: <http://bibl.lti-gti.ru>).

Российская государственная библиотека (URL: <https://www.rsl.ru>).

Российская национальная библиотека (URL: <http://nlr.ru>).

Библиотека Академии Наук (URL: <http://www.rasl.ru>).

Государственная публичная научно-техническая библиотека России (URL: <https://www.gpntb.ru>).

Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) (URL: <http://www.viniti.ru>).

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (URL: <https://elibrary.ru>).

Электронно-библиотечные системы:

– «Электронный читальный зал – БиблиоТех» (URL: <http://bibl.lti-gti.ru/service1.html>);

– «Лань» (URL: <http://e.lanbook.com/books>).

Международные мультидисциплинарные аналитические реферативные базы данных научных публикаций:

– Web of Science (URL: <http://apps.webofknowledge.com>);

– Scopus (URL: <http://www.scopus.com>).

Информационно-поисковая система Интернет-портала Федерального института промышленной собственности (URL: <https://new.fips.ru/iiss>).

Образовательный математический сайт (URL: <https://exponenta.ru>).

Федеральный портал «Российское образование» (URL: <https://edu.ru>).

Российский портал открытого образования (URL: <https://openedu.ru>).

## **8. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины.**

Методические указания для аспирантов по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медиа по адресу: <http://media.technolog.edu.ru>.

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для аспирантов является:

– плановость в организации учебной работы,

– серьезное отношение к изучению материала,

– постоянный самоконтроль.

В ходе обзорно-установочных лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации по выполнению самостоятельной работы.

В ходе лекций аспирантам рекомендуется:

– конспектировать учебный материал (конспектирование лекции – одна из форм активной самостоятельной работы аспирантов, требующая навыков и умений кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки; последующая работа над текстом лекции позволяет развивать аналитическое мышление);

– обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных составляющих методологии математического моделирования, численных мето-

дов и комплексов программ, научные выводы и практические рекомендации по их применению;

– задавать преподавателю уточняющие вопросы по изучаемому материалу.

Самостоятельная работа – ключевой аспект освоения аспирантом дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», основывающийся на понимании материала, излагаемого в ходе обзорно-установочных лекций, самостоятельном поиске, подборе и обработке научно-технической информации. При этом значительную часть необходимых для освоения дисциплины данных необходимо искать в рекомендованных преподавателем литературных источниках и электронных ресурсах, в том числе информационных ресурсах сети «Интернет».

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

### **9.1. Информационные технологии.**

В образовательном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование следующих базовых информационных технологий:

– чтение обзорно-установочных лекций с использованием мультимедийных презентаций;

– проведение самостоятельной работы аспирантов с использованием системного и прикладного программного обеспечения, в том числе информационно-поисковых систем сети «Интернет»;

– взаимодействие с аспирантами посредством электронной информационно-образовательной среды СПбГТИ(ТУ).

### **9.2. Программное обеспечение.**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется следующее лицензионное и свободно распространяемое системное и прикладное программное обеспечение:

– операционная система Microsoft Windows 10;

– антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security;

– программное обеспечение для 3D-проектирования Intergraph Smart® 3D, NanoCAD, SolidWorks, Компас;

– среды компьютерного и имитационного моделирования: универсальные математические пакеты Matlab/Simulink R2021b, Mathcad 14, среда имитационного моделирования MvStuduim Standard 4.0;

– текстовый процессор Microsoft Office Word или Apache OpenOffice Writer или LibreOffice Writer;

– графический редактор Microsoft Office Visio;

– табличный процессор Microsoft Office Excel или Apache OpenOffice Calc или LibreOffice Calc;

– презентационная программа Microsoft Office PowerPoint или Apache OpenOffice Impress или LibreOffice Impress;

– веб-браузер Mozilla Firefox или Google Chrome;

– информационно-поисковые системы сети «Интернет» Яндекс, Google.

Кроме лицензионного программного обеспечения сторонних производителей при проведении учебных занятий широко используются проблемно-ориентированные программные комплексы, разработанные на кафедре САПриУ СПбГТИ(ТУ):

1 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618421 (12.07.2018) Российская Федерация. Конструктор виртуальных моделей экструдеров с перенастраиваемой конфигурацией шнеков / Чистякова Т.Б., Полосин А.Н.,

Колерт К., Попов И.Ю., Заширинский С.В.

2 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021680387 (07.12.2021) Российская Федерация. Программа для расчета отбраковочной толщины стенки трубопровода для системы автоматизированного проектирования Intergraph Smart 3D» / Фураев Д.Н.

3 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618422 (12.07.2018) Российская Федерация. Web-приложение для мониторинга и анализа промышленных производств полимерных материалов / Чистякова Т.Б., Тетерин М.А., Кучеренко Р.А., Разыграев А.С., Колерт М.

4 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618912 (23.07.2018) Российская Федерация. Программный комплекс для интеллектуального анализа состояния и прогнозирования динамики износа огнеупорной футеровки кислородного конвертера / Чистякова Т.Б., Новожилова И.В., Кудлай В.А., Козлов В.В.

5 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021612852 (25.02.2021) Российская Федерация. Программный комплекс интеллектуального анализа данных для оценки состояния экструзионного оборудования в производствах полимерных пленок / Чистякова Т.Б., Фозилев М.М., Полосин А.Н.

6 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613125 (02.03.2021) Российская Федерация. Тренажерный комплекс для обучения приемам управления процессами электротехнологических химических производств алюминия, карбида кальция и фосфора (ТК «АКФ») / Ершова О.В., Чистякова Т.Б.

7 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613271 (04.03.2021) Российская Федерация. Программный комплекс для управления одношнековым экструдером в нештатных ситуациях / Чистякова Т.Б., Полосин А.Н., Липкан А.Д., Саенко Д.Е.

8 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613472 (09.03.2021) Российская Федерация. Web-приложение для анализа характеристик жизненного цикла упаковочных материалов / Чистякова Т.Б., Разыграев А.С., К.Колерт, Лубенец Г.Н., Гончарова Т.С.

9 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613630 (11.03.2021) Российская Федерация. Программный комплекс для оптимального планирования производства многоассортиментных полимерных пленок / Чистякова Т.Б., Шашихина О.Е., Захаренко К.А., Плеханов А.А., К.Колерт

10 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021617864 (20.05.2021) Российская Федерация. Программный комплекс для обучения специалистов в области управления жизненным циклом вторичной переработки полимерных материалов (ПК ВПП) / Чистякова Т.Б., Новожилова И.В., Паукин О.А.

11 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661053 (05.07.2021) Российская Федерация. Программный комплекс для синтеза виртуальных моделей промышленных производств полимерных материалов / Чистякова Т.Б., Заширинский С.В., Комарова И.А.

### **9.3. Информационные справочные системы.**

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно»), обеспечивающая свободный доступ к интегральному каталогу образовательных Интернет-ресурсов и электронной библиотеке учебно-методических материалов, в том числе для высшего образования.

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

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине на кафедре систем автоматизированного проектирования и управления СПбГТИ(ТУ) имеется необходимая материально-техническая база:

Назначение аудитории	Оборудование
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа.	Лекционная аудитория кафедры систем автоматизированного проектирования и управления (САПРиУ), оснащенная учебной мебелью на 50 посадочных мест. Аудитория оборудована мультимедийным проектором NEC NP41, ноутбуком abj на базе процессора Intel Core Duo T2000, мультимедийной интерактивной доской ScreenMedia. 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А, 1 этаж, помещение 41Н., пом. № 12.
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий.	Аудитория №8 кафедры САПРиУ на 40 посадочных мест. Аудитория оснащена персональными компьютерами в количестве 18 шт. со следующими характеристиками: процессор Intel Core i5-4460 (кэш-память 6 Мб, тактовая частота до 3,40 ГГц); ОЗУ 4 Гб; НЖМД 1 Тб; оптический привод DVD-RW; видеокарта Asus PCI-E GT730-SL-1GD3-BRK nVidia GeForce GT 730; звуковая и сетевая карты, встроенные в материнскую плату. Мониторы (18 шт.): BenQ GL2023A (разрешение экрана – 1600x900; 17 шт.); монитор BenQ (разрешение экрана – 1280x1024). Персональные компьютеры объединены в локальную вычислительную сеть кафедры, имеют выход в сеть Интернет и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ). 3D принтер UP 3D Printer Mini (область построения – 120x120x120 мм; материалы для печати – акрилобутадиестирол, полилактид; скорость печати – 30 см <sup>3</sup> /ч; точность печати – 0,2 мм). 3D сканер Sense (область сканирования – от 200x200x200 мм до 3000x3000x3000 мм; поле зрения по горизонтали – 45°, по вертикали –57,5°; размер сканируемого объекта – 200–3000 мм; скорость сканирования – 30 кадров/с; точность сканирования – 0,9 мм). 3D принтер и 3D сканер включаются в состав программно-аппаратного комплекса для обучения современным техническим средствам и технологиям автоматизированного проектирования объектов на базе аддитивных технологий. Мультимедийный проектор BenQ MS524. Мультимедийная интерактивная доска eInstruction DualBoard 1279. 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А, 1 этаж, помещение 41Н., пом. №№ 2, 3.
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Аудитория №2 кафедры САПРиУ на 30 посадочных мест. Аудитория оснащена персональными компьютерами в количестве 15 шт. со следующими характеристиками: двухядерный процессор Intel Core 2 Duo (2,33 ГГц); ОЗУ 4096 Мб; НЖМД 250 Гб; CD/DVD привод, DVD-RW; видеокарта NVIDIA GeForce 8500 GT; звуковая и сетевая карты, встроенные в материнскую плату;

Назначение аудитории	Оборудование
	3D принтер HAGE 3Dr-A2. Персональные компьютеры объединены в локальную вычислительную сеть кафедры, имеют выход в сеть Интернет и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ). 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А, 1 этаж, помещение 41Н., пом. №№ 7, 8.
Помещения для самостоятельной работы.	Аудитория №3 кафедры САПРиУ на 18 посадочных мест. Аудитория оснащена персональными компьютерами в количестве 9 шт. со следующими характеристиками: моноблок Lenovo C360 с 19,5-дюймовым дисплеем; процессор Intel Core i3-4130T (2,9ГГц); ОЗУ 4 Гб; НЖМД 1000 Гб; встроенные DVD-RW, видеокарта Intel HD Graphics 4400, звуковая и сетевая карты. Персональные компьютеры объединены в локальную вычислительную сеть кафедры, имеют выход в сеть Интернет и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ). 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А, 1 этаж, помещение 41Н., пом. № 4.
Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.	Отдел технических средств обучения СПбГТИ(ТУ). 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. А. Отдел технических средств обучения: лит. А, помещение 37Н №11 (четвёртый этаж), лит. А, помещение 65Н №№ 2, 4, 7 (третий этаж).

Лицензионное системное и прикладное программное обеспечение, используемое в образовательном процессе по дисциплине, перечислено в подразделе № 9.2.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный 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.