



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



ПРОГРАММА
вступительных испытаний для приема на обучение по программе подго-
товки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

По дисциплине

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Научная специальность

2.3.7. «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования»

Санкт-Петербург
2022
ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАЗРАБОТЧИКИ

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

Программа вступительных испытаний по дисциплине «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.
Проректор по научной работе		Гарабаджиу А.В.
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры		Еронько О.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Рекомендуемая структура экзамена	4
2. Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена	4
3. Вопросы к вступительному экзамену	9
4. Учебные издания	13
5. Методические указания по подготовке к вступительному экзамену	19

1. Рекомендуемая структура экзамена

1.1. Письменные ответы на три вопроса из списка экзаменационных вопросов.

1.2. Беседа с членами экзаменационной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и будущим научным исследованием.

2. Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена

2.1. Методология автоматизированного проектирования в технике и технологиях. Постановка, формализация и типизация проектных и технологических процедур, алгоритмов и процессов проектирования

2.1.1. Методология автоматизированного проектирования технических объектов

Системный подход к проектированию. Понятие инженерного проектирования. Стадии проектирования. Классификация моделей и параметров, используемых при автоматизированном проектировании.

Определение «цифровой информационной модели».

Современные среды проектирования (Компас, Intergraph, NanoCAD, SolidWorks и другие). Основные средства визуализации виртуальных моделей.

2.1.2. Технологии информационной поддержки этапов жизненного цикла промышленной продукции (изделий)

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.

Понятие о технологиях информационной поддержки жизненного цикла изделий (CALS-технологиях). Системы международных CALS-стандартов.

Комплекс средств САПР, структура. Виды обеспечения комплекса средств САПР: информационное, математическое, лингвистическое, методическое, техническое, программное обеспечение непрерывной информационной поддержки жизненного цикла проектируемых объектов.

Требования к компонентам видов обеспечения.

Комплекс стандартов на автоматизированные системы.

2.1.3. Научные основы создания архитектуры САПР и АСТПП

Архитектура САПР. Состав и структура САПР. Подсистемы САПР. Системные характеристики САПР. Классификация САПР. Проектирующие и обслуживающие подсистемы.

Архитектура АСТПП. Основные задачи технологической подготовки производства. Особенности принятия проектных решений в процессе технологической подготовки производства.

Роль САПР и АСТПП в производственном цикле. Интеграция средств САПР и АСТПП в единый процесс.

2.1.4. Методы и средства взаимодействия проектировщик – система

Информационное обеспечение САПР. Трудно формализуемые задачи предметной области (сложных объектов проектирования) и методы их решения. Диаграммы потоков данных. СУБД. Инфоологическое и даталогическое проектирование. Разработка баз данных технических объектов, включающих информацию о свойствах, сырье, продукции, оборудовании.

Модели представления правил проектирования. Интеллектуальные средства поддержки принятия решений. Системы, основанные на знаниях для решения задач проектирования и управления сложными техническими объектами. Типовая структура. Пользователи интеллектуальной системы проектирования.

Лингвистическое и программное обеспечение САПР: характеристика языков проектирования и программирования в САПР. CASE-инструменты, классификация.

Методология IDEF – методологии семейства ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing) для решения задач моделирования сложных систем. Методики IDEF0 и IDEF3. Организация процесса функционального моделирования и управление проектом. Информационные модели. Методика IDEF1X.

Унифицированный язык моделирования (UML). Виды диаграмм UML.

Структура и характеристики программного обеспечения САПР.

Методическое обеспечение САПР: виды проектной и программной документации, стандартов автоматизированного проектирования.

Техническое обеспечение САПР. Требования к техническому обеспечению САПР.

Периферийные устройства ЭВМ.

3D-сканеры, методы сканирования.

3D-принтеры. Способы 3D-печати.

Современные направления развития аддитивных технологий в автоматизированном проектировании. Области применения аддитивных технологий.

2.2. Методология компьютерного моделирования. Методы построения и исследования компьютерных моделей обработки и формирования проектных решений. Методы и алгоритмы имитационного и компьютерного моделирования

2.2.1. Методология компьютерного моделирования

Основные понятия теории компьютерного математического моделирования. Компоненты математического обеспечения.

Классификация математических моделей в САПР.

Требования к математическим моделям и численным методам в САПР: универсальность; точность; адекватность; экономичность.

Характеристика структурных и функциональных моделей. Иерархия математических моделей в САПР.

Этапы компьютерного моделирования для проектирования технических изделий и процессов.

Формализованное (информационное) описание объекта предметной области как объекта проектирования. Концептуальная модель. Выбор структуры математической модели. Проверка адекватности математических моделей. Критерии адекватности.

2.2.2. Методы построения и исследования компьютерных моделей обработки и формирования проектных решений

Обобщенная модель объекта проектирования. Среда проектирования. Пространство варьируемых параметров. Критериальные показатели.

Математическое обеспечение анализа и синтеза проектных решений.

Задачи структурного синтеза сложных систем. Определение цели, множества возможных решений и ограничивающих условий.

Формирование критериев эффективности в САПР и ресурсных ограничений. Требования к критериям эффективности.

Способы представления множества проектных решений. Задача принятия решений.

Постановка задачи параметрического синтеза.

Классификация методов математического программирования. Методы одномерной оптимизации. Методы безусловной оптимизации. Необходимые условия экстремума. Методы поиска условных экстремумов.

Многокритериальная оптимизация. Методы решения задач оптимизации, реализованные в современных программных продуктах. Частные критерии. Аддитивные критерии. Минимаксные, максиминные критерии.

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.

Универсальные математические пакеты как средства компьютерного моделирования технических объектов и систем. Характеристика (решаемые

задачи, функциональные возможности) и примеры универсальных математических пакетов.

2.2.3 Методы и алгоритмы имитационного и компьютерного моделирования

Основные стадии жизненного цикла технических объектов проектирования. Характеристики технических объектов проектирования (технические, экономические, экологические). Постановка задачи оценки и тестирования характеристик технических объектов проектирования

Имитационное моделирование. Общие характеристики. Области применения имитационных моделей. Описание поведения системы, управление модельным временем.

Планирование имитационного эксперимента. Анализ результатов моделирования.

Среды имитационного моделирования. Пакеты, использующие язык блочного моделирования. Пакеты, использующие язык физического моделирования. Пакеты, ориентированные на использование схемы гибридного автомата.

Универсальные математические пакеты как средства компьютерного моделирования технических объектов и систем. Характеристика (решаемые задачи, функциональные возможности) и примеры универсальных математических пакетов.

2.3. Цифровые двойники

2.3.1 Промышленный инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем

Определение промышленного инжиниринга. Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем. Характеристика инструментов компьютеризированного инжиниринга технических систем и бизнес-процессов.

2.3.2 Технологии цифровых двойников

Определение термина «цифровой двойник», структура, применение на стадиях жизненного цикла высокотехнологичных изделий промышленности.

Цифровой двойник. Мировой рынок цифровых двойников в высокотехнологичной промышленности.

2.4. Научные, компетентностно-ориентированные основы обучения автоматизированному проектированию технических объектов в составе проектных инжиниринговых команд

2.4.1 Автоматизированные обучающие системы как инструмент подготовки инжиниринговых команд для решения задач цифрового проектирования и ресурсосберегающего управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий промышленности

Угруппированная схема управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий (проектирование – производство – эксплуатация – утилизация) с учетом специалистов инжиниринговой команды. Профессиональные стандарты. Компетенции в области проектирования.

Основные типы обучающих систем (автоматизированные обучающие системы, интеллектуальные тренажеры, интеллектуальные системы автоматизированного обучения, интегрированные тренажерные системы).

2.4.2 Структура обучающих систем

Особенности объекта изучения (признаки и структура описания). Информационная структура и компоненты обучающего комплекса для подготовки инжиниринговых команд в области решения задач цифрового проектирования и ресурсосберегающего управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий промышленности. Методология формирования функциональной структуры обучающего комплекса.

2.4.3 Методология формирования информационной модели объекта изучения – жизненного цикла высокотехнологичных изделий

Структура информационного описания. Разработка структуры базы данных информационного описания параметров объекта изучения. Обоснование выбора системы управления базами данных.

2.4.4 Методы автоматизированного синтеза математических моделей объектов изучения

Требования к тренажерной математической модели. Компоненты тренажерных математических моделей. Библиотека базовых модулей тренажерной модели. Модели представления знаний объекта изучения. Анализ и выбор инструментальных средств построения экспертных систем. Автоматизированные интеллектуально-обучающие системы представления знаний.

3. Вопросы к вступительному экзамену

Методология автоматизированного проектирования в технике и технологиях. Постановка, формализация и типизация проектных и технологических процедур, алгоритмов и процессов проектирования

- 1 Понятие инженерного проектирования.
- 2 Стадии проектирования технических объектов и систем.
- 3 Классификация моделей и параметров, используемых при автоматизированном проектировании.
- 4 Определение «цифровой информационной модели».
- 5 Постановка задачи автоматизированного проектирования.
- 6 Современные среды проектирования.
- 7 Основные средства визуализации виртуальных моделей.
- 8 Постановка комплексной задачи управления жизненным циклом промышленной продукции (изделий).
- 9 Характеристика автоматизированных систем на этапах жизненного цикла промышленной продукции.
- 10 Определения CAD/CAM/CAE/PDM/PLM систем.
- 11 Понятие о технологиях информационной поддержки жизненного цикла изделий (CALS-технологиях).
- 12 Системы международных CALS-стандартов.
- 13 Комплекс средств САПР, структура.
- 14 Виды обеспечения комплекса средств САПР.
- 15 Требования к компонентам видов обеспечения.
- 16 Комплекс стандартов на автоматизированные системы.
- 17 Архитектура САПР.
- 18 Состав и структура САПР.
- 19 Подсистемы САПР.
- 20 Характеристика связей в САПР.
- 21 Системные характеристики САПР.
- 22 Классификация САПР.
- 23 Проектирующие и обслуживающие подсистемы САПР.
- 24 Архитектура АСТПП. Основные задачи технологической подготовки производства.
- 25 Особенности принятия проектных решений в процессе технологической подготовки производства.
- 26 Роль САПР и АСТПП в производственном цикле.
- 27 Интеграция средств САПР и АСТПП в единый процесс.
- 28 Информационное обеспечение САПР, определение.
- 29 Трудно формализуемые задачи предметной области (сложных объектов проектирования) и методы их решения.
- 30 Диаграммы потоков данных.
- 31 СУБД, определение, основные функции, состав, классификация, примеры.
- 32 Инфологическое проектирование.

- 33 Даталогическое проектирование.
- 34 Таблицы решений и базы правил проектирования технических объектов.
- 35 Модели представления правил проектирования.
- 36 Интеллектуальные средства поддержки принятия решений.
- 37 Типовая структура интеллектуальной САПР.
- 38 Характеристика языков проектирования и программирования в САПР.
- 39 CASE-инструменты, классификация.
- 40 Методология IDEF для решения задач моделирования сложных систем.
- 41 Методика IDEF0.
- 42 Методика IDEF3.
- 43 Информационные модели. Методика IDEF1X.
- 44 Унифицированный язык моделирования (UML). Описание семантики UML.
- 45 Структура и характеристики программного обеспечения САПР.
- 46 Методическое обеспечение САПР.
- 47 Требования к техническому обеспечению САПР.
- 48 Периферийные устройства ЭВМ.
- 49 3D-сканеры, методы сканирования.
- 50 3D-принтеры. Способы 3D-печати.
- 51 Современные направления развития аддитивных технологий в автоматизированном проектировании. Области применения аддитивных технологий.
- 52 Основные технологии аддитивного производства.

Методология компьютерного моделирования. Методы построения и исследования компьютерных моделей обработки и формирования проектных решений. Методы и алгоритмы имитационного и компьютерного моделирования

- 53 Компоненты математического обеспечения САПР.
- 54 Классификация математических моделей в САПР.
- 55 Требования к математическим моделям и численным методам в САПР: универсальность; точность; адекватность; экономичность.
- 56 Характеристика структурных и функциональных моделей.
- 57 Иерархия математических моделей в САПР.
- 58 Виды структурных моделей в САПР.
- 59 Виды функциональных математических моделей.
- 60 Этапы компьютерного моделирования для проектирования технических изделий и процессов.
- 61 Формализованное (информационное) описание объекта предметной области как объекта проектирования. Концептуальная модель.
- 62 Выбор структуры математической модели.

- 63 Проверка адекватности математических моделей. Критерии адекватности.
- 64 Обобщенная модель объекта проектирования.
- 65 Среда проектирования. Пространство варьируемых параметров.
- 66 Критериальные показатели.
- 67 Математическое обеспечение анализа проектных решений.
- 68 Математическое обеспечение синтеза проектных решений. Место процедур синтеза в проектировании.
- 69 Задачи структурного синтеза сложных систем. Определение цели, множества возможных решений и ограничивающих условий.
- 70 Формирование критериев эффективности в САПР и ресурсных ограничений. Требования к критериям эффективности.
- 71 Способы представления множества проектных решений. Задача принятия решений. Представление множества альтернатив.
- 72 Методы структурного синтеза в САПР.
- 73 Постановка задачи параметрического синтеза.
- 74 Классификация методов математического программирования.
- 75 Методы одномерной оптимизации.
- 76 Методы безусловной оптимизации.
- 77 Необходимые условия экстремума. Методы поиска условных экстремумов.
- 78 Многокритериальная оптимизация. Методы решения задач оптимизации, реализованные в современных программных продуктах.
- 79 Частные критерии. Аддитивные критерии. Минимаксные, максимумные критерии.
- 80 Методы оценки частных критериев эффективности.
- 81 Алгоритмы. Типы, способы реализации.
- 82 Алгоритмы решения задач проектного и поверочного расчетов автоматизированного проектирования для технических объектов.
- 83 Универсальные математические пакеты как средства компьютерного моделирования технических объектов и систем.
- 84 Имитационное моделирование. Общие характеристики. Области применения имитационных моделей. Описание поведения системы, управление модельным временем.
- 85 Планирование имитационного эксперимента. Анализ результатов моделирования.
- 86 Характеристика и примеры сред имитационного моделирования.

Цифровые двойники

- 87 Определение промышленного инжиниринга.
- 88 Характеристика инструментов компьютеризированного инжиниринга технических систем и бизнес-процессов.
- 89 Определение термина «цифровой двойник», структура, применение на стадиях жизненного цикла изделий промышленности.

Научные, компетентностно-ориентированные основы обучения автоматизированному проектированию технических объектов в составе проектных инжиниринговых команд

90 Укрупненная схема управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий (проектирование – производство – эксплуатация – утилизация) с учетом специалистов инжиниринговой команды.

91 Профессиональные стандарты. Компетенции в области проектирования.

92 Основные типы обучающих систем (автоматизированные обучающие системы, интеллектуальные тренажеры, интеллектуальные системы автоматизированного обучения, интегрированные тренажерные системы).

93 Особенности объекта изучения (признаки и структура описания).

94 Информационная структура и компоненты обучающего комплекса для подготовки инжиниринговых команд в области решения задач цифрового проектирования и ресурсосберегающего управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий промышленности.

95 Методология формирования функциональной структуры обучающего комплекса для подготовки инжиниринговых команд в области решения задач цифрового проектирования и ресурсосберегающего управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий промышленности.

96 Структура информационного описания. Разработка структуры базы данных информационного описания параметров объекта изучения. Обоснование выбора системы управления базами данных.

97 Требования к тренажерной математической модели.

98 Компоненты тренажерных математических моделей. Библиотека базовых модулей тренажерной модели.

99 Модели представления знаний объекта изучения. Требования к моделям представления знаний объекта изучения.

100 Анализ и выбор инструментальных средств построения экспертных систем.

4. Учебные издания

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 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.
- 5 Коваленко, В. В. Проектирование информационных систем : учебное пособие / В. В. Коваленко. – Москва : Форум, 2012. – 319 с. – ISBN 978-5-91134-549-5.
- 6 Кондаков, А. И. САПР технологических процессов : Учебник для вузов / А. И. Кондаков. – Москва : Академия, 2007. – 268 с. – ISBN 978-5-7695-3338-9.
- 7 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. :
- 8 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.
- 9 Моделирование систем : учебник для вузов / С. И. Дворецкий [и др.]. – Москва : Академия, 2009. – 316 с. – ISBN 978-5-7695-4737-9.
- 10 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.
- 11 Системный анализ и принятия решений. Технология вычислений в системе компьютерной математики Mathcad : Учебное пособие / В. А. Хо-

лоднов [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.

12 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.

13 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.

14 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.

15 Схиртладзе, А. Г. Интегрированные системы проектирования и управления : Учебник для вузов. – Москва : Академия, 2010. – 347 с. – ISBN 978-5-7695-6457-4.

16 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.

17 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.

18 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:

19 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 проектирования 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.

20 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.

21 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.

22 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.

23 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.

24 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.

25 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.

26 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.

27 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.

28 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.

29 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.

30 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.

31 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.

32 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.

33 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.

34 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.

35 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 : элек-

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

36 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.

37 Тюкачев, Н. А. С#. 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.

38 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.

39 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.

40 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.

в) вспомогательные печатные и электронные источники:

41 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.

42 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.

43 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.

44 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.

45 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.

46 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.

47 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.

48 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.

49 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.

50 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.

5. Методические указания по подготовке к вступительному экзамену

При подготовке к вступительному экзамену поступающим в аспирантуру необходимо ориентироваться на разделы, посвященные методам компьютерного моделирования и автоматизации проектирования, которые были изучены в ходе освоения соответствующих учебных дисциплин в бакалавриате и магистратуре или специалитете. В ходе подготовки к вступительному экзамену следует выполнить анализ современной литературы и электронных ресурсов (в том числе изданий электронно-библиотечных систем, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»), приведенных в настоящей программе, и общеобразовательную проработку изложенных в ней разделов дисциплины. Необходимо прочитать рекомендованные издания и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в каждом разделе дисциплины.

Для расширения и углубления знаний по дисциплине рекомендуется использовать следующие Интернет-ресурсы:

Фундаментальная 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.ras.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>);

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>).