



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

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Медведев А.И. Шевчук
« 29 » 03 2022 г.



Программа кандидатского экзамена

2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

Санкт-Петербург

2022

Введение

Настоящая программа кандидатского экзамена разработана для научной специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Экзаменуемый должен показать высокий уровень теоретической и профессиональной подготовки, знание общих концепций и методологических вопросов научной специальности, истории ее формирования и развития, глубокое понимание основных разделов теории и практики изученного материала, а также умение применять свои знания для решения исследовательских и прикладных задач.

Настоящая программа составлена на кафедре автоматизации процессов химической промышленности Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) в соответствии с требованиями, предъявляемыми к уровню владения теоретическим материалом, терминологической подготовленности и степени освоения дисциплины «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

1. Порядок проведения кандидатского экзамена

Проведение кандидатского экзамена осуществляется в форме открытого заседания экзаменационной комиссии. Кандидатский экзамен проводится в устной форме.

Аспиранты с ограниченными возможностями здоровья могут сдавать данный экзамен, как в устной форме, так и в письменной форме.

Экзаменационные билеты должны включать два вопроса из программы кандидатского экзамена по специальности и один вопрос из дополнительной программы, которая составляется аспирантом (соискателем) совместно с научным руководителем в соответствии с темой диссертационной работы соискателя и рассматривается на заседании кафедры.

Для подготовки к ответу аспиранту отводится не более 60 минут, а на ответ – не более 30 минут. При ответе на вопросы экзаменационного билета члены экзаменационной комиссии могут задавать дополнительные вопросы аспиранту только в рамках содержания вопросов экзаменационного билета.

Во время заседания экзаменационной комиссии ведётся протокол в соответствии с установленным образцом.

Решение экзаменационной комиссии принимается на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии. Уровень знаний оценивается по бальной шкале: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Результаты экзамена оформляются протоколом и объявляются всем аспирантам группы в тот же день после завершения сдачи кандидатского экзамена.

Все прочие необходимые условия приема кандидатского экзамена изложены в нормативных документах (локальных актах) СПбГТИ(ТУ).

2. Основное содержание программы кандидатского экзамена

Программа кандидатского экзамена сформирована в соответствии с проверкой освоения аспирантом набора дескрипторов, отражающих ряд следующих способностей:

- знание основных задач, решаемых на различных уровнях иерархии АСУ: АСУТП, MES- и ERP - систем, а также принципы создания интегрированных систем управления;
- знание современных методов и подходов к принятию решений в многокритериальных задачах, а также структуры систем поддержки принятия решений при управлении технологическими процессами;

- знание методов контроля состояния технологических процессов, структуры и алгоритмов работы систем контроля и диагностики нарушений в технологических процессах;
- знание основных принципов и методов инженерных расчетов, построения и исследования систем автоматического управления и их оптимизации;
- умение подбирать необходимые устройства и конфигурацию для решения практических задач, в том числе контроллеры, рабочие станции и другие компоненты для проектирования системы управления;
- умение решать типовые задачи, возникающие при построении систем управления, находить оптимальные структуры построения автоматических систем и рассчитывать оптимальные режимы работы систем;
- использовать современные методы анализа проблем и нестандартных ситуаций, возникающих в ходе работы технологических процессов, технологического оборудования и аппаратуры автоматики;
- умение строить диагностические модели с использованием различной доступной информации о контролируемом технологическом процессе;
- умение находить в ходе управления технологическими процессами необходимые решения.

3. Примерный перечень экзаменационных вопросов

Базовые вопросы к разделу «Линейные аналоговые системы автоматического управления»

1. Понятие АСР, основные виды и задачи регулирования. Понятие о передаточной функции объекта или системы. Передаточная функция АСР
2. Статические и астатические системы.
3. Устойчивость линейной АСР. Критерии устойчивости.
4. Синтез модального регулятора по передаточной функции замкнутой системы. Проектирование АСР методом компенсации
5. Основные законы регулирования. Корректирующие устройства в АСР.
6. Свойства линейной системы с одним входом и одним выходом. Понятие невырожденности систем.
7. Управляемость и наблюдаемость системы. Параметрическая оптимизация линейной замкнутой системы. Корневые методы оценки качества АСР.

Базовые вопросы к разделу «Линейные дискретные системы автоматического управления»

1. Понятие о дискретных и импульсных системах. Примеры импульсных систем. Теорема Котельникова-Шеннона.
2. Прямое и обратное Z-преобразование. Свойства Z-преобразования. Передаточные функции импульсной системы.
3. Устойчивость дискретной системы.
4. Дискретные регуляторы. ПИД-закон регулирования в дискретной системе. Метод компенсации в дискретных и импульсных системах.

Базовые вопросы к разделу «Анализ нелинейных и многомерных системы автоматического управления»

1. Определение устойчивости по Ляпунову. Методы построения функций Ляпунова.
2. Абсолютная устойчивость нелинейных систем. Системы прямого управления. Системы непрямого управления. Теорема Попова.
3. Метод точечных преобразований и его применение для исследования устойчивости нелинейных систем.
4. Расчет нелинейных систем методом статистической линеаризации.

5. Методы анализа и синтеза многомерных и нестационарных систем.

Базовые вопросы к разделу «Идентификация систем управления»

1. Идентификация с использованием активных экспериментов на объекте
2. Применение метода наименьших квадратов для идентификации динамических систем
3. Особенности идентификации объектов в действующих САУ.
4. Экспериментальные методы определения свойств объектов.

Базовые вопросы к разделу «Теория оптимального управления»

1. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции многих переменных. Методы поиска экстремума.
2. Решение системы линейных уравнений как задача поиска экстремума.
3. Принцип оптимальности Беллмана. Динамическое программирование. Функция Беллмана-Ляпунова и ее использование для решения задачи динамического программирования.
4. Принцип максимума Л. С. Понтрягина. Использование принципа максимума для решения задач оптимизации линейной системы.
5. Градиентные методы поиска экстремума функции. Метод наискорейшего спуска. Метод сопряженных градиентов.
6. Выпуклое и вогнутое программирование. Метод множителей Лагранжа. Теорема Куна-Таккера.
7. Сведение задачи нелинейного программирования к задаче линейного программирования. Приведение билинейной задачи к задаче линейного программирования.

Базовые вопросы к разделу «Математические модели процессов и постановка задач оптимального управления» Методы моделирования. Теория подобия. Блочный принцип построения моделей.

1. Моделирование гидродинамики потоков. Модели идеального смещения и вытеснения. Ячеечная, комбинированная, диффузионная модели потоков.
2. Моделирование кинетики системы реакций в аппарате периодического действия. Блочная модель.
3. Технология математического моделирования. Проблема идентификации модели.
4. Исследование поведения динамических систем в точках равновесия. Бифуркации состояний равновесия. Фазовые траектории.
5. Имитационное моделирование. Суть метода. Достоинства и недостатки.
6. Оптимальное управление линейным объектом. Разработка оптимальных АСР линейным объектом.
7. Оптимальное управление линейным объектом с переменными параметрами.
8. Оптимальное управление линейным дискретным объектом.

Базовые вопросы к разделу «Системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)»

1. Интегрированные автоматизированные системы управления предприятиями. Структура и основные принципы интеграции.
2. Состав и основные принципы построения АСУ ТП. Типовая функциональная структура. Техническое обеспечение АСУ ТП.
3. Состав и основные принципы построения АСУ ТП. Математическое, программное, метрологическое обеспечение АСУ ТП.
4. Локальные системы автоматизации технологических процессов. Функции и структуры основных подсистем
5. Комбинированные АСР с динамическим компенсатором. Основные принципы расчета: условие инвариантности; условия физической реализуемости.

6. Каскадные АСР. Основные структуры. Основные принципы расчета.
7. Многосвязные объекты регулирования. Понятие. Примеры технологических процессов, как многосвязных объектов регулирования. Основные подходы к построению систем регулирования многосвязных объектов.
8. Определение динамических характеристик для астатических и статических объектов на основе аналитических методик.
9. Автоматические регуляторы на основе типовых законов регулирования. Уравнения динамики, переходные характеристики, передаточные функции, частотные характеристики.
10. Синтез и исследование систем регулирования на базе статических и астатических объектов 1-го порядка и регуляторами с типовыми законами регулирования.
11. Специальные структуры регуляторов для регулирования объектов с запаздыванием. Синтез и анализ АСР с регулятором Смита.

Базовые вопросы к разделу «Задачи и методы принятия решений в системах управления»

1. Нечеткое описание задач принятия решений (ПР). Лингвистический подход, лингвистические переменные. Формализация лингвистических переменных.
2. Подходы к ПР в нечеткой среде. Методы ПР на основе оценок нечетких функций полезности.
3. ПР в многокритериальных задачах. Основы метода анализа иерархий Саати. Проверка согласованности матриц парных сравнений и вычисление глобальных приоритетов - интегральных оценок альтернатив.
4. Применение экспертных методов и обобщенная схема экспертизы для решения задач оценивания. Методы обработки экспертной информации.
5. ПР в многокритериальных задачах. Линейная свертка, использование контрольных показателей. Компромиссы Парето.
6. Логико-лингвистические модели в задачах управления. Ситуационное управление

Базовые вопросы к разделу «Методы обнаружения нарушений. Организация непрерывного контроля состояния технологических процессов»

1. Функции систем мониторинга и диагностики. Основные процедуры диагностики.
2. Виды типовых нарушений. Нарушения в ходе процесса, нарушения в работе аппаратуры полевой автоматики.
3. Диагностические модели (ДМ) и их классификация.
4. Типовые структуры систем диагностики.
5. Методы обнаружения нарушений. Одномерные контрольные карты Шухарта.
6. Методы обнаружения нарушений. Одномерные контрольные карты кумулятивных сумм и экспоненциально взвешенного среднего.
7. Методы обнаружения нарушений. Многомерные карты Шухарта.
8. Методы обнаружения нарушений. Многомерные карты кумулятивных сумм и экспоненциально взвешенного среднего.
9. Функции систем мониторинга. Структура систем непрерывного мониторинга состояния технологических процессов
10. Метод главных компонент.
11. Обнаружение нарушений в пространстве главных компонент. Статистики Q и T^2 .

Базовые вопросы к разделу «Диагностика нарушений в ходе технологических процессов»

1. Методы локализации нарушений. Иерархия в диагностических моделях.
2. Фреймово-продукционные диагностические модели.
3. ДМ с нечеткими продукционными правилами.
4. Критерии оценки близости ситуаций.

5. Системы диагностики с ДМ на основе нечетких продукционных правил. Структура и алгоритмы работы.
6. Нейросетевые диагностические модели. Искусственный нейрон. Виды функций активации, характеристики и особенности применения.
7. Нейросетевые диагностические модели. Методы обучения. Формирование обучающих массивов.
8. Системы диагностики с нейросетевыми ДМ. Структура, особенности использования.
9. Системы диагностики с иерархическими нейросетевыми ДМ. Особенности и алгоритмы работы.

Базовые вопросы к разделу «Технические средства АСУТП. Тенденции развития АСУТП»

1. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) в системах управления. Классификация и основные структуры ПЛК
2. Особенности подключения ПЛК к объектам (датчики, исполнительные механизмы).
3. Взрывоопасные зоны и виды взрывозащиты. Барьеры искрозащиты (активные и пассивные).
4. Интегрированные системы управления, - связь всех уровней иерархии на базе локальных и промышленных сетей.
5. Языки технологического программирования по стандарту IEC-1131-3.
6. Структура, основные функции и методы выбора SCADA-систем.
7. Методы мониторинга автоматизированных систем.
8. Методы диагностики состояния автоматизированных систем.
9. Основные тенденции развития АСУТП.

4. Рекомендуемая литература

а) печатные издания:

1. Харазов, В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами: учебное пособие для вузов / В.Г. Харазов. – Санкт-Петербург: Профессия, 2013. - 592 с. - ISBN 978-5-904757-56-4.
2. Шишмарёв, В.Ю. Теория автоматического управления: учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. - Москва: Академия, 2012. - 351 с. - ISBN 978-5-7695-9139-6.
3. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 5-е изд. - Москва: Высшая школа, 2007. - 343 с. - ISBN 978-5-06-003860-6
4. Советов, Б.Я. Интеллектуальные системы и технологии: учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. – Москва: Академия, 2013. - 318 с. - ISBN 978-5-7695-9572-1
5. Схиртладзе, А.Г. Интегрированные системы проектирования и управления: учебное пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов. – Москва: Академия, 2010. – 347 с. - ISBN 9785769564574.
6. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А. С. Ключев [и др.]. - Москва: Альянс, 2015. - 464 с. ISBN 978-5-903034-44-4
7. Теория автоматического управления: учебник для ВУЗов/ С. Е. Душин, Н. С. Зотов, Д. Х. Имаев [и др.]; – Москва: Высшая школа, 2009. – 567 с. – ISBN 978-5-06-006126.

б) электронные учебные издания:

1. Пенькова, Т. Г. Модели и методы искусственного интеллекта: учебное пособие / Т. Г. Пенькова, Ю. В. Вайнштейн. — Красноярск: СФУ, 2019. — 116 с. — ISBN 978-5-7638-4043-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

- URL: <https://e.lanbook.com/book/157579> (дата обращения: 05.06.2021). — Режим доступа: по подписке.
2. Садыков, Х. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / Х. А. Садыков, З. Л. Хакимов, М. Р. Исаева. – Грозный: Министерство образования и науки Российской Федерации, Грозненский государственный нефтяной технический университет, 2017. – 138 с. – Текст электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156895> (дата обращения: 06.06.2021). – Режим доступа: по подписке.
 3. Ленский, М. С. Автоматизация технологических процессов: учебное пособие / М. С. Ленский. – Москва: МИРЭА-Российский технологический университет, 2019. – 99 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/171503> (дата обращения: 06.06.2021). – Режим доступа: по подписке.
 4. Петров, А. В. Моделирование процессов и систем: учебное пособие / А. В. Петров. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1886-2. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212213> (дата обращения: 01.07.2021). — Режим доступа: по подписке.
 5. 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/book/175505> (дата обращения: 01.07.2021). — Режим доступа: по подписке.
 6. Бобиков, А. И. Анализ и проектирование нелинейных систем управления: учебное пособие / А. И. Бобиков. — Рязань: Министерство образования и науки Российской Федерации Рязанский государственный радиотехнический университет, 2013. — 220 с. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167991> (дата обращения: 05.06.2021). — Режим доступа: по подписке.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»). Принадлежность – собственная СПбГТИ(ТУ). Договор на передачу права (простой неисключительной лицензии) на использования результата интеллектуальной деятельности ООО «БиблиоТех»

ГК№0372100046511000114_135922 от 30.08.2011. Адрес сайта: <http://bibl.lti-gti.ru/>

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

- www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий.
- «Лань (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.