



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

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

*Шевчик*

А.П. Шевчик

« 31 »

*08*

2022 г.



**Программа кандидатского экзамена**

**2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации,  
статистика**

Санкт-Петербург  
2022

## **Введение**

Настоящая программа кандидатского экзамена разработана для научной специальности 2.3.1- Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

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 системного анализа и информационных технологий Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) в соответствии с требованиями, предъявляемыми к уровню владения теоретическим материалом, терминологической подготовленности и степени освоения дисциплины «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

### **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 на "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**

### **2.1. Системы и закономерности их функционирования и развития**

#### *2.1.1. Системный анализ как методология решения проблем.*

Классификация проблем по степени их структуризации: хорошо структурированные или количественно выраженные проблемы; неструктурированные или качественно выраженные проблемы; слабоструктурированные (смешанные проблемы). Качественный анализ структуры физико-химической и технологической системы.

#### *2.1.2. Классификация, свойства и показатели сложных систем*

Признаки положенные в основу классификации систем. Типы систем (предметные и категориальные). Показатели, характеризующие свойства сложных систем (эффективность, надежность, качество управления, помехозащищенность, устойчивость, сложность). Энтропия и количество информации. Единицы измерения энтропии и количества информации. Основные типы шкал измерения и обработка характеристик, измеренных в разных шкалах.

#### *2.1.3 Системный анализ процессов химической технологии и биотехнологии.*

Понятия о системном подходе, системном анализе. Выделение системы из среды, определение системы. Системы и закономерности их функционирования и развития. Управляемость, достижимость, устойчивость. Свойства системы: целостность и членимость, связность, структура, организация, интегрированные качества. Качественный анализ структуры физико-химической и технологической системы – иерархия, математическое описание гидродинамических эффектов, массообменных и тепловых процессов, химических превращений, энергетических переходов. Методы идентификации. Корректно и некорректно поставленные задачи. Классификация методов идентификации. Статистический подход к задаче идентификации, корреляционный и дисперсионный анализ, планирование эксперимента.

#### *2.1.4. Модели систем.*

Модель «черного ящика». Модель состава системы. Модель структуры системы. Структурная схема системы. Динамические модели систем. Химико-технологические системы (ХТС). Типовые элементы ХТС, их изображение на схемах. Классификация параметров систем: структурные, конструктивные, технологические, параметры потоков. Классификация методов моделирования систем. Оптимизационные и имитационные модели. Детерминированные и стохастические модели. Использование методов исследования операций для построения моделей. Информационные и кибернетические модели. Методы анализа химико-технологических процессов. Матричная информационная модель системы. Экспериментально-статистические методы описания физико-химических систем. Постановка задачи идентификации физико-химических систем. Каноническая (нормальная) форма уравнений состояния динамической системы

#### *2.1.5. Алгоритм построения математических моделей.*

Алгоритмы построения аналитической и эмпирической модели. Краткая характеристика основных этапов алгоритмов построения аналитических и эмпирических моделей. Этап определения объекта исследования и постановки задачи (задач). Этап выбора входных и выходных факторов. Этап формализации задачи. Этап построения модели. Содержательная постановка задачи. Математическая формулировка задачи (построение математической модели). Выбор метода решения. Проведение математического исследования полученного решения. Практическая реализация математической модели и проверка ее адекватности.

#### *2.1.6. Языки описания выбора*

Критериальный язык описания выбора. Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной. Условная максимизация. Поиск альтернативы с заданными свойствами. Нахождение паретовского множества. Описание выбора на языке бинарных отношений. Способы задания бинарных отношений. Групповой выбор.

#### *2.1.6. Показатели и критерии оценки систем.*

Методы качественного оценивания систем: методы типа "мозговая атака", методы построения сценариев, методы типа Делфи, морфологические методы, методы построения дерева целей. Метод нечетких множеств и мягких вычислений для качественного оценивания систем. Методы количественного оценивания систем: оценка систем на основе теории полезности, оценка по критериям риска, модели ситуационного управления. Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений. Допустимое множество и целевая функция. Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Гиперплоскости и полупространства. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Крайние точки и крайние лучи выпуклых множеств. Теоремы об отделяющей, опорной и разделяющей гиперплоскости. Представление точек допустимого множества задачи линейного программирования через крайние точки и крайние лучи. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Простейшие свойства оптимальных решений. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение. Теорема Куна—Таккера и ее геометрическая интерпретация. Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы. Методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов. Конечно-разностная аппроксимация производных. Конечно-разностные методы. Методы нулевого порядка. Методы покоординатного спуска, Хука—Дживса, сопряженных направлений. Методы деформируемых конфигураций. Симплексные методы. Комплекс-методы. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска. Основные подходы к решению задач с ограничениями.

#### *2.1.7. Принятие решений в процессе системного проектирования*

Схема информационного взаимодействия при формировании облика системы. Методика сравнительной оценки 2-х структур по степени доминирования. Методика структурного анализа с использованием функций полезности. Постановка задачи синтеза химико-технологических систем. Классификация методов решения задачи синтеза. Метод структурных параметров. Декомпозиционные методы синтеза. Бинарные декомпозиции. Декомпозиция на элементы системы. Декомпозиция по типам задач. Сведение задачи

синтеза к задаче оптимального управления. Комбинаторные методы. Синтез систем теплообмена. Температурно-энтальпийные диаграммы и пинч-методы. Синтез ресурсосберегающих систем разделения многокомпонентных смесей.

## **2.2 Сущность автоматизации управления в сложных системах**

### *2.2.1. Основы теории управления*

Принципы управления. Математическое описание систем управления. Основные задачи управления: целеполагание, стабилизация, выполнение программы, слежение и оптимизация. Структура и характеристики систем управления. Типовые динамические звенья и их характеристики. Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества. Методы оценки качества. Коррекция систем управления. Взаимодействие системы управления с внешней средой. Понятие о дискретных системах автоматического управления. Особенности динамики и методы исследования цифровых систем автоматического управления.

### *2.2.2. Формализация общей задачи управления*

Основные задачи и проблемы при проектировании систем управления технологическими процессами. Основные режимы функционирования и структуры систем управления технологическими процессами. Функции и состав автоматизированных систем управления, оптимальное распределение функций, полнота информации, выбор наиболее информативных переменных. Интеллектуальные системы управления и их классификация. Интеллектуальные системы на основе нечеткой логики, экспертных систем, нейросетевых структур и приближенных множеств.

## **2.3. Интеллектуальные системы как основа обработки информации**

### *2.3.1. Информационные системы и базы данных*

Структуры информационных систем. Системы управления базами данных (СУБД). Типы баз данных – реляционные базы данных, включающие настольные СУБД, файл – сервисные СУБД, клиент-сервисные СУБД. Internet-система. Автоматизированные информационные системы: библиографические, полнотекстовые, справочные, числовые, по химическим структурам. Языки программирования, используемые при формировании информационных баз данных. Состав информационных систем по химическим и микробиологическим свойствам элементов, по оборудованию, по перспективным технологическим схемам и производствам..

### *2.3.2. Интеллектуальные и экспертные системы как основа оптимального управления в химической технологии и биотехнологии*

Искусственный интеллект – научная основа создания экспертных систем в управлении. Формализованные и неформализованные задачи в химической технологии и биотехнологии. Модели представления знаний и процедур поиска решений неформализованных задач. Структурно-лингвистические модели представления знаний – принципы разработки фреймов, построения классов семантических сетей, логические модели представления знаний. Архитектура экспертных систем и языки интеллектуального программирования. Режимы функционирования и классификация экспертных систем, основные этапы их разработки. Понятия о языках представления знаний – фреймовые языки, языки продукционно-ориентированного программирования, грамматико-семантической обработки текстов. Характеристика основных типов экспертных систем в технологии – автоматизированного синтеза оптимальных

технологических схем, консультирующих систем, автоматического управления и диагностики, ситуационного управления.

## **2.4. Статистика**

### *2.4.1. Математическая статистика*

Случайные события и величины, их основные характеристики. Виды статистического наблюдения. План статистического наблюдения. Ошибки наблюдения. Взаимосвязи случайных событий. Законы распределения случайных величин. Виды дисперсий. Их смысл и значение. Понятие корреляционной зависимости. Основные модели корреляционной зависимости. Шкалирование значений случайных величин. Статистические методы изучения связей. Статистические методы прогнозирования на основе рядов динамики. Понятие о выборочном наблюдении. Распространение выборочных результатов на генеральную совокупность.

## **3. Примерный перечень экзаменационных вопросов**

### *Системы и закономерности их функционирования и развития*

1. Основные понятия и описания систем. Понятие химико-технологической системы (ХТС), элемента ХТС.
2. Модели систем. Модель «черного ящика». Модель состава системы. Модель структуры системы. Структурная схема системы.
3. Разработка принципиальной технологической схемы производства.
4. Структурный анализ ХТС. Основные понятия: ориентированная дуга, путь, контур, комплекс.
5. Показатели, характеризующие свойства сложных систем (эффективность, надежность, качество управления, помехозащищенность, устойчивость, сложность). Эмерджентность ХТС
6. Энтропия и количество информации. Единицы измерения энтропии и количества информации. Расчет изменения энтропии системы через вероятности состояний, метод Колмогорова.
7. Классификация проблем со степени их структуризации. Принципы решения хорошо структуризованных проблем.
8. Принципы решения не структуризованных проблем. Принципы решения слабоструктуризованных проблем.
9. Классификация ХТС по поведению во времени, по виду технологических связей, с точки зрения расчета.
10. Динамические модели систем. Химико-технологические системы (ХТС).
11. Типовые элементы ХТС, их изображение на схемах. Классификация параметров систем: структурные, конструктивные, технологические, параметры потоков.
12. Методы идентификации. Корректно и некорректно поставленные задачи. Классификация методов идентификации.
13. Статистический подход к задаче идентификации, корреляционный и дисперсионный анализ, планирование эксперимента.
14. Классификация методов моделирования систем. Оптимизационные и имитационные модели. Детерминированные и стохастические модели.
15. Использование методов исследования операций для построения моделей.
16. Классификация математических моделей. Этапы построения математического описания. Материальный и тепловой баланс ХТС. Понятие адекватности модели

17. Методы анализа химико-технологических процессов. Матричная информационная модель системы. Экспериментально-статистические методы описания физико-химических систем.
18. Постановка задачи идентификации физико-химических систем. Каноническая (нормальная) форма уравнений состояния динамической системы
19. Алгоритмы построения аналитической и эмпирической модели. Краткая характеристика основных этапов алгоритмов построения аналитических и эмпирических моделей.
20. Алгоритмы построения аналитической и эмпирической модели. Порядок построения математического описания с помощью полного факторного эксперимента.
21. Алгоритмы построения аналитической и эмпирической модели. Порядок построения математического описания методом Брандона
22. Критериальный язык описания выбора. Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной. Условная максимизация. Критерий оптимизации, целевая функция, понятие линия постоянных значений целевой функции.
23. Поиск альтернативы с заданными свойствами. Нахождение паретовского множества.
24. Описание выбора на языке бинарных отношений. Способы задания бинарных отношений. Групповой выбор.
25. Методы качественного оценивания систем: методы типа "мозговая атака", методы построения сценариев, методы типа Делфи, морфологические методы, методы построения дерева целей.
26. Метод нечетких множеств и мягких вычислений для качественного оценивания систем.
27. Математическая постановка задачи оптимизации ХТС. Классификация методов оптимизации. Выбор поисковых переменных. Симплексные методы оптимизации ХТС. Алгоритм метода.
28. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования.
29. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение.
30. Градиентные методы. Градиент функции, основные свойства градиента функции в данной точке. Шаг поиска в методе градиента, метод определения составляющих вектора градиента.
31. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска. Основные подходы к решению задач с ограничениями.
32. Схема информационного взаимодействия при формировании облика системы. Методика сравнительной оценки 2-х структур по степени доминирования. Методика структурного анализа с использованием функций полезности.
33. Способы представления структуры ХТС. Определение вычислительной последовательности "разомкнутых" ХТС. Алгоритмы определения ВПРС. Основные задачи структурного анализа "замкнутых" ХТС. Алгоритмы выделения комплексов. Составление информационной блок-схемы расчета ХТС.
34. Постановка задачи синтеза химико-технологических систем. Классификация методов решения задачи синтеза. Метод структурных параметров.
35. Декомпозиционные методы синтеза. Бинарные декомпозиции. Декомпозиция на элементы системы. Декомпозиция по типам задач.

*Сущность автоматизации управления в сложных системах*

36. Принципы управления. Основные задачи управления: целеполагание, стабилизация, выполнение программы, слежение и оптимизация.

37. Математическое описание систем управления: пространство состояний, передаточные функции, матричные передаточные функции, структурные схемы.
38. Структура и характеристики систем управления. Типовые динамические звенья и их характеристики.
39. Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества. Методы оценки качества.
40. Классификация систем управления. Автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) и производствами. Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.
41. Понятие о дискретных системах автоматического управления. Особенности динамики и методы исследования цифровых систем автоматического управления.
42. Функции и состав автоматизированных систем управления, оптимальное распределение функций, полнота информации, выбор наиболее информативных переменных.
43. Формализованные методы анализа, синтеза, исследования и оптимизации модульных структур систем сбора и обработки данных в системах управления технологическими процессами.
44. Методы совместного проектирования организационно-технологических распределенных комплексов и систем управления ими.

#### *Интеллектуальные системы как основа обработки информации*

45. Понятие данных, системы данных. Объекты данных. Атрибуты объектов. Значения данных. Идентификаторы объекта данных, ключевые элементы данных.
46. Модели данных. Реляционная модель данных. Сетевая модель данных. Иерархическая модель данных. Взаимосвязи между объектами и атрибутами.
47. Система управления базой данных (СУБД). Администратор баз данных. Архитектура банка данных. Инфологическое проектирование базы данных.
48. Организация доступа к данным: линейный поиск, произвольная организация, индексно-последовательный метод доступа, В-деревья, вторичные методы доступа.
49. Особенности управления распределенными базами данных и системы управления распределенными базами данных.
50. Распределенные информационные системы. Методы фрагментации и распределения данных. Технология клиент – сервер.
51. Языки, используемые в базах данных. Языки описания данных. Языки манипулирования данными. Уровни абстракции для описания данных.
52. Состав информационных систем по химическим и микробиологическим свойствам элементов, по оборудованию.
53. Определение базы знаний. Экспертные системы. Основные критерии знаний. Отличие знаний от данных. Экспертные системы
54. Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Метод парных сравнений. Метод последовательных сравнений. Метод ранга. Метод полного попарного сопоставления.
55. Структурно-лингвистические модели представления знаний – принципы разработки фреймов, построения классов семантических сетей, логические модели представления знаний.
56. Приближенные множества. Основные понятия. Аппроксимация множества. Анализ таблиц решений
57. Принятие решений в условиях неопределенности. Виды неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии



- Байеса—Лапласа, Гермейера, Бернулли—Лапласа, максиминный (Вальда), минимаксного риска Сэвиджа, Гурвица, Ходжеса—Лемана и др.
58. Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами.
  59. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.
  60. Слабоструктурированные задачи управления, методы и системы принятия управленческих решений. Интеллектуальные управляющие системы.
  61. Математическое и программное обеспечение для системного анализа химических технологий. Текстовые редакторы, электронные таблицы, профессиональные программы моделирования процессов химической технологии: Aspen Plus, HYSYS, Mathcad

### *Статистика*

62. Случайные события и величины, их основные характеристики.
63. Виды статистического наблюдения: по моменту регистрации наблюдаемых фактов, по охвату единиц изучаемого объекта, по способу получения статистических данных.
64. План статистического наблюдения. Программно-методические вопросы статического наблюдения. Программа наблюдения.
65. Ошибки наблюдения. Способы контроля данных статистического наблюдения.
66. Взаимосвязи случайных событий. Байесовский подход к теории вероятностей.
67. Законы распределения случайных величин.
68. Виды дисперсий: внутригрупповая (частая), межгрупповая и общая, по правилу сложения дисперсий. Их смысл и значение.
69. Коэффициент корреляции: определение, виды.
70. Понятие корреляционной зависимости, ее отличие от функциональной. Основные модели корреляционной зависимости. Расчет параметров уравнения регрессии.
71. Множественная корреляция, совокупный и частные коэффициенты множественной корреляции.
72. Измерение тесноты связи между явлениями и способы исчисления основных показателей: линейный коэффициент парной корреляции и индекс корреляции.
73. Шкалирование значений случайных величин: номинальная шкала, порядковая шкала, интервальная шкала.
74. Статистические методы изучения связей: параллельные сравнения, метод аналитических группировок, балансовый и графический методы.
75. Статистические методы прогнозирования на основе рядов динамики.
76. Понятие о выборочном наблюдении. Методы формирования выборочной совокупности.
77. Распространение выборочных результатов на генеральную совокупность.
78. Средняя и предельная ошибки выборки.

## **4. Рекомендуемая литература**

### **а) печатные издания:**

1. Норенков, И. П. Автоматизированные информационные системы: учебное пособие для вузов по направлению 230100 "Информатика и вычислительная техника" / И. П. Норенков. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 342 с. - ISSN 978-5-7038-3446-5.

2. Халимон, В. И. Формализованные методы построения систем управления химико-технологическими процессами в условиях неполной информации / В. И. Халимон. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2004. – 352 с. – ISBN 5-93808-095-9.
3. Химико-технологические системы: Оптимизация и ресурсосбережение: учебное пособие для вузов / Н. В. Лисицын, В. К. Викторов, Н. В. Кузичкин - Санкт-Петербург : Менделеев, 2013.- 392 с.- ISBN 978-5-94922-034-4.
4. Макшанов, А. В. Интеллектуальный анализ данных: учебное пособие / А. В. Макшанов, А. А. Мусаев; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2019. - 188 с.
5. Использование Mathcad и Octave для решения задач оптимизации : учебное пособие / В. А. Холоднов, Д. А. Краснобородько, Р. Ю. Кулишенко, В. С. Унанян; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. - 83 с.
6. Халимон, В. И. Синтез систем логического управления технологическими процессами на основе конечных автоматов и сетей Петри: методические указания / В.И. Халимон, А.Ю. Рогов, О.В. Проститенко; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2006. - 62 с.
7. Халимон, В. И. Программное обеспечение проектирования систем АСУТП: методические указания к курсовому проектированию (часть 2) / В.И. Халимон, А.Ю. Рогов, О.В. Проститенко; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2006. - 35 с.

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

1. Краснобородько, Д. А. Системный анализ объектов химических технологий с использованием Aspen Plus и Aspen Hysys (на примере химико-технологической системы получения терефталевой кислоты) : учебное пособие / Д. А. Краснобородько, Р. Ю. Кулишенко, В. А. Холоднов ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2017. - 123 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения:25.01.2022). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Молотникова, А. А. Системный анализ. Краткий курс : учебное пособие / А. А. Молотникова. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 212 с. - ISBN 978-5-8114-6410-4 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 02.02.2022). - Режим доступа: по подписке.
3. Самойлов, Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" : учебное пособие / Н. А. Самойлов. - 3-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 176 с. - - ISBN 978-5-8114-1553-3 // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.02.2022). - Режим доступа: по подписке.

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

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

### *Электронно-библиотечные системы*

1. Электронная библиотека СПбГТИ(ТУ) (на базе ЭБС «БиблиоТех»): <https://technolog.bibliotech.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com>