



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

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

*Шевчик*  
А.П. Шевчик  
«25» *марта* 2022 г.

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

По дисциплине

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ  
МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ, ВЕЩЕСТВ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Научная специальность

2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий,  
веществ и природной среды

Санкт-Петербург

2022

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Рекомендуемая структура экзамена .....	3
2	Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена .....	3
2.1	Теория измерений .....	3
2.2	Теоретические основы построения информационно-измерительных систем (ИИС).....	3
2.3	Измерение состава веществ .....	4
2.4	Методы и приборы автоматизированного контроля природной среды, веществ и материалов .....	5
2.5	Контроль параметров окружающей среды и метрологическое обеспечение приборов контроля .....	6
3	Вопросы к вступительному экзамену .....	7
4	Литература .....	9
5	Методические указания по подготовке к вступительному экзамену .....	9

## **1 Рекомендуемая структура экзамена**

- 1.1. Письменный ответ на три вопроса из списка экзаменационных вопросов.
- 1.2. Беседа с членами приемной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и будущим научным исследованием.

## **2 Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена**

### **2.1 Теория измерений**

#### **2.1.1 Обработка результатов измерений**

Основные положения теории измерений. Уравнения измерения. Классификация измерений. Особенности процессов измерений. Обработка результатов прямых равно- и неравно-рассеянных наблюдений. Совместная обработка нескольких рядов наблюдений. Обработка результатов косвенных измерений. Критерий ничтожных погрешностей. Обработка совместных и совокупных измерений.

Обработка измерительной информации. Алгоритмы обработки информации при градуировке средств измерений. Модели сигналов СИ, используемых в АСУТП, АСАК и АСНИ. Алгоритмы первичной обработки сигналов. Алгоритмизация процессов управления измерениями. Алгоритмы контроля достоверности измерительной информации. Оценка погрешностей алгоритмов обработки измерительной информации.

Применение положений теории информации для оценки процессов измерений. Энтропийные коэффициенты, энтропийное значение погрешности

#### **2.1.2 Погрешности измерений**

Погрешности измерений. Основные источники погрешностей. Классификация погрешностей. Основные виды погрешностей. Систематические и случайные погрешности измерений. Обнаружение систематических погрешностей и введение поправок. Распределения и моменты случайных погрешностей. Точечные оценки. Оценка с помощью интервалов. Обнаружение грубых погрешностей.

#### **2.1.3. Задачи метрологического обеспечения**

Задачи метрологического обеспечения, его нормативная, научная, организационная и техническая основы. Понятие эталона. Виды эталонов. Образцовые СИ. Виды поверок. Поверочные схемы. Государственная метрологическая служба, ее структура. Метрологическая аттестация измерительных систем. Правовые основы и научная база стандартизации. Основные цели, объекты, схемы и системы сертификации. Международные стандарты по управлению качеством продукции.

### **2.2 Теоретические основы построения информационно-измерительных систем (ИИС)**

#### **2.2.1 Государственная система приборов. Виды обеспечений**

Принципы построения, структура и основные виды устройств и комплексов ГСП. Унифицированные параметры сигналов. Типовые структуры

измерительных систем (ИС). Техническое, алгоритмическое и метрологическое обеспечения ИС. Основы построения и структуры информационно-измерительных систем (ИИС).

Применение средств вычислительной техники в ИИС. Организация устройств связи, оценка погрешности измерительных каналов. Организация информационного обмена в ИИС. Приборные интерфейсы. Использование промышленных сетей для связи средств измерений в систему.

### **2.2.2 Методы повышения надежности ИИС**

Понятие информационной и метрологической надежности ИС. Методы повышения надежности. Контроль достоверности информации в ИС. Классификация методов контроля, синтаксический, семантический контроль. Допусковый контроль.

### **2.2.3 Диагностика средств измерений. Диагностические системы**

Функциональная диагностика, как средство повышения надежности и стабильности характеристик ИС. Стратегия функциональной диагностики. Понятие информационного графа. Построение и анализ дерева отказов. Структуры диагностических систем. Контроль работоспособности измерительной аппаратуры в автоматизированных системах и систем в целом. Обнаружение и идентификация нарушений в работе ИС.

## **2.3 Измерение состава веществ**

### **2.3.1 Методы и приборы анализа состава веществ**

Методы и приборы контроля физических параметров технологических процессов. Измерение физических свойств веществ. Общие положения и принципы построения приборов. Классификация методов и средств измерения свойств веществ. Плотномеры жидкостей. Вискозиметры. Контроль влажности, плотности и вязкости материалов. Влагомеры. Кондуктометры (низкочастотные, высокочастотные). Диэлькометры.

Классификация физико-химических методов аналитического контроля и их использование для анализа газообразных, жидких и твердых веществ. Метрологические параметры методов. Аналитический контроль выпускаемой продукции и исходных веществ, контроль загазованности рабочих мест, аварийных и вентиляционных выбросов, определение дозврывоопасных концентраций.

Оптические методы анализа. Классификация оптических методов анализа. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.

Характеристики фотометрических методов анализа. Спектральные методы анализа. ИК- и УФ-спектроскопия. Характеристики методов (чувствительность, избирательность). Области применения. Приборы. Спектрометры рентгеновские дискретного действия и непрерывного действия. Дифрактометры рентгеновские. Принцип действия, применения.

Тепловые методы анализа и приборы. Импульсные тепловые методы. Характеристики методов (чувствительность, избирательность). Области применения. Термохимический метод контроля концентраций и его применение на промышленных предприятиях. Конструкции первичных измерительных преобразователей. Абсорбционно-полупроводниковый метод аналитического технологического контроля.

### **2.3.2 Масс-спектрометрические и хроматографические методы и приборы анализа состава веществ**

Хроматографические и сорбционные методы. Физико-химические характеристики методов (чувствительность, избирательность). Области применения. Конструкции первичных преобразователей.

Ионизационные и масс-спектрометрические методы анализа. Источники ионизации, методы измерения. Характеристики методов (чувствительность, избирательность). Области применения. Конструкции первичных преобразователей. Хроматографы.

Химические методы анализа (фотоколориметрический метод). Физико-химические характеристики метода (чувствительность, избирательность). Использование метода для создания автоматических аналитических приборов. Области применения. Конструкции первичных преобразователей.

Электрохимический, магнитный, люминесцентный, хемилюминесцентный и другие методы анализа. Физико-химические характеристики методов (чувствительность, избирательность). Области применения. Конструкции первичных преобразователей (сенсоров).

## **2.4 Методы и приборы автоматизированного контроля природной среды, веществ и материалов**

### **2.4.1 Иерархическая структура систем контроля**

Стратегии контроля качества продукции на химическом предприятии. Основные функции систем контроля. АСАК, как сложная иерархическая и распределенная система. Состав уровней: потоковые анализаторы, лабораторные анализаторы, АРМы аналитиков, метрологов и технологов, локальная вычислительная сеть.

Логическая структура АСАК. Методическое, техническое, информационное, программное и метрологическое обеспечение АСАК. Основные типы анализаторов, используемых в АСАК. Потоковые анализаторы, особенности структуры и применения.

## **2.4.2 Поточные анализаторы физико-химического состава веществ**

Системы пробоотбора и пробоподготовки. Требования, влияние их характеристик на результаты контроля. Понятие представительности пробы. Пробоотбор и пробоподготовка к анализу газообразных, жидких, кусковых и порошкообразных сред. Транспорт проб. Роботизация.

Особенности методического обеспечения систем контроля. Классификация методик выполнения аналитических потоковых измерений. Особенности метрологического обеспечения систем контроля. Приготовление и аттестация градуировочных смесей.

## **2.4.3 Контроль качества материалов и изделий**

Организация контроля качества на предприятии. Выбор методов контроля и аппаратуры. Интеллектуально-логические задачи в технологических измерениях и контроле. Принципы организации многопараметрических измерительных преобразователей и систем. Комбинированные методы контроля технологических величин. Расшифровка совокупной информации выходных сигналов измерительных преобразователей.

## **2.5 Контроль параметров окружающей среды и метрологическое обеспечение приборов контроля**

### **2.5.1 Контроль параметров окружающей среды**

Основные параметры окружающей среды, предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе, воде и почве. Оценка ПДК для смеси веществ. Приоритетные загрязнители окружающей среды. Регламентация поступления загрязняющих веществ в окружающую среду. Основные понятия. Классификация источников загрязнения.

### **2.5.2 Метрологическое обеспечение приборов контроля.**

Методы и приборы контроля приоритетных загрязнителей окружающей среды. Особенности аналитического контроля промышленных выбросов. Динамические процессы в экосистемах. Особенности контроля экологических объектов. Экологический мониторинг. Организация мониторинга и структура систем диагностики и мониторинга окружающей среды, особенности работы, примеры. Тенденции развития систем экологического контроля. Иерархия систем. Метрологическое обеспечение приборов и систем контроля окружающей среды. Стандартные образцы состава веществ. Генераторы сложных смесей.

### 3 Вопросы к вступительному экзамену

1. Метрологическое обеспечение и его основы. Основные понятия метрологии.
2. Международная система единиц. Виды эталонов. Образцовые средства измерений. Поверочная схема.
3. Государственные испытания средств измерений. Поверка, ревизия и экспертиза средств измерений.
4. Погрешности измерений. Основные составляющие суммарной погрешности.
5. Описание случайных погрешностей с помощью функций распределения. Моменты случайных погрешностей.
6. Проверка нормальности распределения результатов наблюдений.
7. Обнаружение грубых погрешностей.
8. Систематические погрешности, их классификация. Обнаружение систематических погрешностей и введение поправок.
9. Обработка результатов прямых равнорассеянных наблюдений.
10. Обработка неравнорассеянных рядов наблюдений.
11. Обработка результатов косвенных измерений
12. Критерий ничтожных погрешностей.
13. Классы точности средств измерений.
14. Оценка точности рабочих средств измерений.
15. Расчет суммарной погрешности измерений.
16. Понятие о поверке приборов метрологического контроля.
17. Многомерность данных. Внутренняя структура данных.
18. Множественная регрессия и РГК - регрессия на главные компоненты.
19. Определение выбросов в зашумленных данных с помощью МГК и ПЛС.
20. Статистики  $Q$  и  $T^2$  и их использование для обнаружения нарушений в ходе технологического процесса.
21. Классификация отказов. Законы распределения отказов и сбоев. Деревья отказов.
22. Единичные и комплексные показатели надежности. Их количественные оценки.
23. Основные законы распределения наработки.
24. Диагностика, как средство повышение надежности на стадии эксплуатации. Взаимосвязь функциональных и информационных потоков в системе диагностики
25. Диагностические модели: феноменологические, качественные, статистические.
26. Активный и пассивный эксперименты. Функция отклика, уравнение регрессии коэффициенты регрессии. Особенности выбора факторов.
27. Полный и дробный факторный эксперимент. Основные свойства

28. Алгоритмы фильтрации. Экспоненциальный фильтр. Методы среднего. Достоинства. Недостатки. Графическая форма представления алгоритма фильтрации методом скользящего среднего.
29. Алгоритм фильтрации методом медианы, понятие скользящей и скачущей выборки. Словесная форма представления алгоритма.
30. Понятие достоверности. Классификация мешающих факторов в измерительной информации.
31. Классификация анализаторов, области применения анализаторов
32. Основные задачи, решаемые при проведении аналитического контроля, требования к нормируемым метрологическим характеристикам
33. Термокондуктометрический метод анализа. Уравнение теплового баланса. Основные факторы, влияющие на точность измерения.
34. Термохимический метод анализа уравнение теплового баланса. Виды чувствительных каталитических элементов. Градуировка анализаторов.
35. Кондуктометрический метод анализа. Основные факторы, влияющие на точность измерения.
36. Потенциометрический метод анализа, как метод для измерения рН. рН-метр с автокомпенсацией.
37. Основы спектральных методов анализа.
38. Фотоколориметрический метод анализа. Основные виды фотоколориметров.
39. Инфракрасный метод анализа. Чувствительность и селективность анализа.
40. Оптико-акустические газоанализаторы
41. Газовая хроматография. Основные блоки хроматографа.
42. Жидкостная хроматография. Основные блоки хроматографа.
43. Масс-спектрометрия.
44. Общее понятие об экологии, ее содержание, эволюция;
45. Экология и инженерная защита окружающей среды;
46. Экологические факторы, их классификация
47. Загрязнения почв, континентальных и океанических вод, их экологические последствия;
48. Воздействие человека на экосистему. Нарушение круговоротов человеком.
49. Нормирование поступления загрязняющих веществ в биосферу;
50. Понятие ПДК, МДК, ПДВ и ПДС.

## 4 Литература

### а) печатные издания:

1. Советов, Б.Я. Представление знаний в информационных системах: учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. - Москва: Академия, 2011. - 143с. – ISBN 978-5-7685-6886-2
2. 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.
3. Шишмарев, В.Ю. Технические измерения и приборы: учебник для вузов / В.Ю. Шишмарев. – Москва: Академия, 2012.- 384 с. - ISBN 978-5-7695-8764-1
4. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник для Вузов / И. М. Лифиц. — 19-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2009. — 315 с. – ISBN 978-5-9916-0166-5.
5. Колесников, С.В. Физико-химические методы анализа: учебное пособие / С.В. Колесников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной защиты окружающей среды. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010. – 119 с.
6. Булатов, М.И. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: текст лекций / М.И. Булатов, Т.Э. Мамитнабиев, С.В. Харитонов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – Санкт-Петербург: [б.и.], 2010. – 207 с.
7. Пешехонов, А.А. Автоматическое управление расходом сыпучих материалов: учебное пособие / А.А. Пешехонов. – СПб., Изд. СПбГТИ(ТУ), ИК «Синтез», 2006. – 110 с.
8. Федотова, Е.Л. Информационные технологии в науке и образовании: учебное пособие / Е. Л. Федотова, А. А. Федотов. - Москва: Форум; Москва: ИНФРА-М, 2011. - 334 с. - ISBN 978-5-8199-0434-3
9. Раннев Г.Г. Измерительные информационные системы: учебник для вузов /Г.Г. Раннев. – Москва: Академия, 2010.-330 с. - ISBN 978-5-7695-5979-2.
10. Старовиков, М.И. Введение в экспериментальную физику: учебное пособие / М.И. Старовиков. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. - 235 с. - ISBN 978-5-8114-0862-7

### б) электронные учебные издания:

1. Буховец, А. Г. Алгоритмы вычислительной статистики в системе R : учебное пособие / А. Г. Буховец, П. В. Москалев. — 2-е изд., перераб. и

- доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-1802-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168872> (дата обращения: 05.12.2021). — Режим доступа: по подписке.
2. Сборник заданий по метрологии и техническим измерениям и примеры их выполнения : учебное пособие / С. И. Кормилицин, В. А. Солодков, А. И. Курченко, А. Г. Схиртладзе. — Волгоград : ВолгГТУ, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-9948-3558-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157191> (дата обращения: 08.12.2021). — Режим доступа: по подписке.
  3. Шумихин, А. Г. Методы и автоматизированные системы аналитического контроля технологических процессов и окружающей среды : учебное пособие / А. Г. Шумихин, И. А. Вялых. — Пермь : ПНИПУ, [б. г.]. — Часть 1 : Методы и автоматизированные системы промышленного аналитического экологического контроля — 2012. — 179 с. — ISBN 978-5-398-00846-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160524> (дата обращения: 09.12.2021). — Режим доступа: по подписке
  4. Власова, Е. Г. Аналитическая химия: химические методы анализа : учебник / Е. Г. Власова ; под редакцией О. М. Петрухина, Л. Б. Кузнецовой ; художник В. Е. Шкерин. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 467 с. — ISBN 978-5-93208-502-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166725> (дата обращения: 09.12.2021). — Режим доступа: по подписке
  5. 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: 05.12.2021). — Режим доступа: по подписке.
  6. [Магазинникова, А.Л.](#) Основы цифровой обработки сигналов: Учебное пособие / А. Л. Магазинникова. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. - 132 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2175-6: // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 02.12.2021). - Режим доступа: по подписке.

## **5 Методические указания по подготовке к вступительному экзамену**

При подготовке к вступительному экзамену поступающим в аспирантуру лучше всего ориентироваться на лекции, прочитанные преподавателями кафедры по дисциплине «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды». Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дополнять сведениями из литературных источ-

ников, представленных в "Рабочей программе". По каждой из тем, приведенных в рабочей программе дисциплины «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», следует сначала прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов и обучающих программ, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Например, рекомендуется использование следующих сайтов:

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета - <http://bibl.lti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
3. Российская национальная библиотека - [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук - [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН - [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - [elibrary.ru](http://elibrary.ru)