**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**

**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШИТР

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Фадеев А.С.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2024 г.

**ПРОГРАММА кандидатского экзамена**

ПРИЕМ **2024 г.**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ **очная**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные**  **величины)** | | | | | |
|  |  | | | | |
| Уровень образования | Высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации | | | | |
| Курс | 2 | | семестр | | **4** |
|  |  | | | | |
| Заведующий кафедрой - руководитель отделения автоматизации и робототехники | |  | | А.А. Филипас | |
| Руководитель программы  аспирантуры (ПА) | |  | | С.В. Муравьев | |

2024 г.

1. **Общие положения**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине 2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины) (далее – кандидатский экзамен) по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программа аспирантуры) сформирована с учетом освоения аспирантами специальной дисциплины образовательного компонента программы аспирантуры и паспорта научной специальности.

Кандидатский экзамен представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

На кандидатском экзамене аспирант (соискатель) должен продемонстрировать умение пользоваться знаниями, приобретенными в ходе освоения дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры.

Основу программы кандидатского экзамена по специальности 2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины), составили ключевые проблемы современного состояния и прогнозирование развития области приборостроения и метрологии.

Направления исследований по специальности 2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины):

1. Создание новых научных, технических и нормативно-технических решений, обеспечивающих повышение качества продукции, связанных с измерениями электрических и магнитных величин.

2. Совершенствование научно-технических, технико-экономических и других видов метрологического обеспечения измерений для повышения эффективности производства современных изделий, качество которых зависит от точности, диапазона, воспроизводимости измерений величин, перечисленных в п.1, а также их сохраняемости на заданном промежутке времени.

3. Совершенствование научно-технических, технико-экономических, оперативных (временных) показателей метрологического обеспечения соответствующих систем и производств.

4. Фундаментальные научные исследования по использованию новых физических эффектов, обеспечивающих создание перспективных методов и средств в областях измерений, связанных, в том числе, с квантовыми, био- и нанотехнологиями.

5. Разработка или совершенствование существующих методов и способов обеспечения единства измерений в области измерений, относящихся к п.1.

6. Разработка и внедрение новых эталонов единиц величин, относящихся к направлениям, указанным в п.п.1-5.

1. **Содержание и структура кандидатского экзамена**

**Предмет и задачи метрологии.**

Важнейшие термины и определения. Физические величины. Единицы физических величин. Системы единиц физических величин. Принципы создания естественной системы единиц. Размерность величин и единиц. Практические приложения теории размерностей. Международная система единиц (СИ).

**Средства измерений.**

Виды средств измерений. Меры и наборы мер. Измерительные аналоговые и цифровые преобразователи. Измерительные установки и принадлежности. Параметры и свойства средств измерений. Исходные (эталонные) средства измерений. Рабочие средства измерений. Отсчетные устройства: шкальные, цифровые, регистрирующие. Нормирование метрологических характеристик и классы точности. Способы выражения пределов допускаемой погрешности.

**Эталоны.**

Общие понятия. Государственные эталоны – первичные и специальные. Вторичные эталоны (эталоны-копии, сравнения и рабочие). Одиночный и групповой эталоны. Эталонный набор. Хранение эталонов. Перспективы развития эталонов.

**Методы и принципы измерений.**

Классификация методов измерений. Преобразование измеряемой величины в процессе измерений. Метод непосредственной оценки. Дифференциальный метод. Нулевой метод. Метод совпадений. Принципы измерений.

**Общие требования к измерениям.**

Анализ и постановка измерительной задачи. Выбор средств и методов измерений. Выбор числа измерений. Методика выполнения измерений. Способы обнаружения и исключения систематических погрешностей. Методы замещения, компенсации погрешности по знаку, противопоставления, симметричных наблюдений.

**Виды измерений.**

Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравноточные измерения.

**Физические основы измерения электрических и магнитных величин.**

Основные положения теории электрических цепей. Виды электрических и магнитных величин. Законы Кирхгофа и Ома. Закон магнитной индукции Ампера. Теорема Ампера. Теория электромагнитного поля Максвелла. Методы измерений электрических и магнитных величин. Классификация средств измерений электрических и магнитных величин.

**Электрические измерительные преобразователи.**

Основные узлы электроизмерительных приборов. Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества. Измерения частоты и фазы. Анализ спектра электрических сигналов. Методы цифровой обработки электрических сигналов. Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока. Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов. Методы и средства поверки средств измерений электрических и магнитных величин.

**Контроль параметров электрических и магнитных величин.**

Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателей качества. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля.

**Системы автоматизированного контроля метрологических характеристик.**

Методы автоматизированного контроля метрологических характеристик. Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразования. Квантование и дискретизация электрических сигналов. Системы сбора, передачи и представления данных измерений.

**Методы повышения точности средств измерений.**

Структурные методы повышения точности. Методы обратных преобразований, образцового сигнала, итеративные методы, коммуникационно-модуляционные. Структурно-алгоритмические и программные методы коррекции погрешностей.

**Погрешности измерений.**

Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимость результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режиме. Расчет доверительных границ погрешности средств измерений. Суммирование погрешностей измерительного канала для зависимых и независимых составляющих. Расчет динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных устройств. Концепция неопределенности результатов измерений.

**Обработка результатов измерений**

Требования к методам обработки результатов измерений. Группирование экспериментальных данных. Проверка гипотезы о виде распределения экспериментальных данных. Исключение грубых погрешностей. Обработка нормального распределения данных и отличного от нормального. Обработка результатов прямых однократных измерений. Обработка результатов косвенных, совместных, совокупных измерений. Проверка однородности и равноточности групп измерений при нормальном и отличном от нормального распределениях. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.

**Обеспечение единства измерений**

Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерений. Эталоны. Поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Калибровка средств измерений.

**Метрологическое обеспечение разработки, производства и эксплуатации технических устройств**

Средства измерений как основа метрологического обеспечения. Влияние средств измерений на точность и надежность технических устройств. Выбор средств измерений по точности.

**Нормативно-правовая база обеспечения единства измерений.**

Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения, единицы величин. Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы. Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений. Сущность методологии проведения метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов. Основные направления их совершенствования.

**Дополнительная часть программы кандидатского экзамена,**

**включающая региональную и вузовскую компоненты**

Специальные дополнительные требования к кандидатскому экзамену формируется аспиранту (соискателю) научным руководителем в зависимости от выбранного направления научных исследований, содержание которых изложено ниже.

**1. Получение и преобразование информации о физических величинах**

Физические поля как источник информации. Ретроспективные основы классической физики и основные физические эффекты. Эффекты Зеебека, Пелтье, Томсона, Керра, Мессбауэра и др. Новейшие физические явления и приборы в механике и акустике.

Гравитация, Гравитационные антенны. Акустическая диагностика. Акустический микроскоп. Акустический томограф. Нелинейная акустика. Поверхностно-акустические волны (ПАВ).

Новейшие физические явления и приборы в теории теплопередачи. Аппаратура для визуализации фоновых полей. Эффект миража, фотоакустика, оптометрия. Общая термография. Инфракрасная термография.

Физика твердого тела и физическая химия. Поверхностные явления и мембраны. Ионоселективные датчики. Полярография и потенциометрия.

Квантовые явления и квантовая электроника. Лазеры. Лазерные измерительные устройства и системы. Нелинейные оптические эффекты. Волново-оптические датчики. Лазерная спектроскопия высокого разрешения. Голография и голографические измерители.

Ядерный магнитный резонанс. ЯМР-томография и его применение. Резонанс в атомных пучках. Атомные стандарты частоты. Атомная спектроскопия. Эффект Мессбауэра и мессбауэровская спектроскопия.

Полупроводниковые датчики состава жидкостей и газов. Ионоселективные транзисторы. Микроканальные усилители света. Микрометрические анализаторы состава жидкостей и газов. Многопараметровые микроэлектронные датчики. Интеллектуальные датчики.

**2. Работы ТПУ в области прецизионного электронного приборостроения.**

Многозначные меры напряжения, тока и мощности. Прецизионные масштабные преобразователи. Многофункциональные автоматизированные поверочные комплексы. Генераторы сигналов с заданным коэффициентом формы сигнала. Цифровой синтез электрических сигналов.

**3. Измерительные информационные системы как средства диагностики, контроля и поверки.**

Интеллектуальные средства измерений. Распределенные системы сбора данных измерений. Локальные и глобальные измерительно-вычислительные сети. Программное обеспечение систем сбора измерительных данных. Метрологическое обеспечение измерительных информационных систем.

**4. Системы автоматизированного контроля метрологических характеристик.**

Методики автоматизированного контроля метрологических характеристик. Достоверность контроля погрешностей средств измерений. Методы и средства коррекции коррелированной и некоррелированной составляющих погрешностей измерений. Робастные методы оценок результатов контроля. Применение методов нелинейной динамики для контроля метрологических характеристик.

1. **Методические указания по процедуре проведения**

**и оценивания кандидатского экзамена**

**Условия допуска к сдаче кандидатского экзамена**

К кандидатскому экзамену допускаются:

* аспиранты, полностью освоившие программу специальной дисциплины и сдавшие зачет, предусмотренный учебным планом на предыдущем этапе обучения.
* соискатели, прикрепленные к ТПУ для сдачи кандидатских экзаменов, перед экзаменом по специальной дисциплине обязаны пройти собеседование с ведущими специалистами профильного ОАР ИШИТР, на базе которой ведется подготовка аспирантов.

В рамках подготовки к кандидатскому экзамену по специальности 2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины) аспирант (соискатель) представляет реферат по тематике своего диссертационного исследования. Тема реферата должна быть согласована с научным руководителем диссертации. Проверку подготовленного реферата проводит член экзаменационной комиссии. При наличии оценки «зачтено» за реферат аспирант допускается к сдаче кандидатского экзамена.

*Требования к оформлению*. Реферат выполняется на листах бумаги формата А4. Текст печатается на компьютере 14 шрифтом. Пробел между строками – 1,5 интервала. При написании текста необходимо соблюдать поля: левое - 25÷30 мм, правое – 10÷15 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 20 мм. Все страницы реферата нумеруются и брошюруются. Объем работы должен составлять не менее 1-го авторского листа (не менее 24 стр.). *Оригинальность текста реферата* должна составлять 95%.

*Структура реферата включает* титульный лист, лист рецензии, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованной литературы.

*Титульный лист* является первым листом реферата и заполняется по образцу.

*Содержание* включает наименование глав, разделов, параграфов с указанием номера страницы, с которой они начинаются. Во *введении* раскрывается значение выбранной темы, степень ее исследованности, цель и задачи работы, формулируются основные положения темы и структура работы. Текст *основной* *части* делится на главы, разделы или параграфы, здесь излагается содержание работы. В основной части целесообразно выделение 2-3 вопросов, отражающих разные аспекты темы. В реферате важно привести различные точки зрения на проблему и дать им оценку. В *заключении* подводятся итоги рассмотрения темы. Приветствуется определение автором перспективных направлений по изучению проблемы.

Страницы реферата нумеруются арабскими цифрами, соблюдается сквозная нумерация по всему тексту. Номер ставится внизу страницы по центру. Каждая глава (раздел) должна начинаться с новой страницы. *Ссылки* на источники, цитаты в тексте в квадратных скобках. *Список использованной литературы* дается в алфавитном порядке и должен содержать не менее 15 источников, из них не менее 50% последних пяти лет, из которых не менее половины последних трех лет.

**Проведение кандидатского экзамена**

На кандидатском экзамене экзаменуемый должен продемонстрировать совокупность имеющихся знаний по специальной дисциплине.

Прием кандидатских экзаменов осуществляется очно и в устной форме в комиссии, утвержденной приказом ректора, в составе которой должно участвовать не менее 3-х членов. В случае особых обстоятельств допускается прием кандидатского экзамена в режиме онлайн.

Экзаменационный билет включает в себя 3 вопроса.

Первые два вопроса – это вопросы основной части данной Программы, которые соответствуют паспорту научной специальности 2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины), третий вопрос должен соответствовать проблематике научной деятельности аспиранта (соискателя).

Ответы на вопросы выполняются в письменном виде в форме тезисов. Устный ответ осуществляется в виде самостоятельного изложения материала на основе письменных тезисов. После устного ответа члены экзаменационной комиссии вправе задать отвечающему уточняющие вопросы по ответам. При необходимости задаются дополнительные вопросы по различным темам специальной дисциплины. Результат сдачи заносится в журнал регистрации, который хранится в отделении / НОЦ. Протоколы сдачи экзаменов с подписью всех членов комиссии сдаются в отдел аспирантуры и докторантуры.

Критерии оценки ответа на кандидатском экзамене:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **% выполнения заданий**  **экзамена** | **Экзамен, балл** | **Соответствие**  **традиционной оценке** | **Определение оценки** |
| 90%÷100% | 18 ÷ 20 | «Отлично» | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% - 89% | 14 ÷ 17 | «Хорошо» | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов |
| 55% - 69% | 11 ÷ 13 | «Удовл.» | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов |
| 0% - 54% | 0 ÷ 10 | «Неудовл.» | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям |

1. **Рекомендуемая литература**

**Основная литература**

1. Лабковская, Р.Я. Метрология и электрорадиоизмерения. – Москва: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/intuit\_146.html (дата обращения: 01.10.2024). - Режим доступа : по подписке.
2. Колчков, В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В.И. Колчков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2024. – 432 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-00091-638-4. – Текст: электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/987721 (дата обращения: 01.10.2024). – Режим доступа: по подписке.
3. Бастраков, В.М. Метрология: учебное пособие. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – 288 с. – ISBN 978-5-8158-1756-2. – Текст: электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/1875793 (дата обращения: 01.10.2024). – Режим доступа: по подписке.
4. Муравьев С.В. Общая теория измерений. Учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 146 с. – Текст: непосредственный.
5. Муравьев С.В. Метрология. Учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 152 с. – Текст: непосредственный.
6. Метрология: учебник для студентов технических специальностей / А.А. Брюховец, О.Ф. Вячеславова и др.; под общ. ред. С.А. Зайцева. – М.: Форум, 2011. – 464 с. – Текст: непосредственный.
7. Лобастов С. А. Основы метрологии и методы измерения физических величин: учебное пособие. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2018. – 412 с. – ISBN 978-5-9515-0406-7. – Текст: электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1230803 (дата обращения: 01.10.2024). – Режим доступа: по подписке.
8. Лячнев В.В., Сирая Т.Н., Довбета Л.И. Фундаментальные основы метрологии. – СПб: Элмор. – 2007. – 424 с. – ISBN: 5-7399-0137-5. – Текст: непосредственный.

**Дополнительная литература**

1. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM3), JCGM 200:2012, (Международный словарь основных и общих терминов по метрологии. 3-е издание, 2012). – 108 с. [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf> (дата обращения: 01.10.2024)
2. РМГ 29-2013. Метрология. Основные термины и определения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154> (дата обращения: 01.07.2025)
3. Лячнев В.В., Сирая Т.Н., Довбета Л.И. Фундаментальные основы метрологии. – СПб.: Элмор, 2007. – 424 с. – Текст: непосредственный.
4. Кравченко, Н.С. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) // 2-е изд., перераб. – 1 компьютерный файл (pdf; 4 181 KB). — Томск: Изд-то ТПУ, 2017. – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2018/m002.pdf> (дата обращения: 01.10.2024)