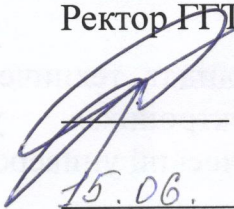


Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ГГТУ им. П.О. Сухого

  
\_\_\_\_\_ А.В. Пуцято

15.06. 2023 г.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по специальности  
05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Гомель 2023

Программа составлена на основании типовых учебных планов первой ступени высшего образования по специальностям:

- 1-36 04 02 «Промышленная электроника» № I 36-1-022/пр-тип. от 08.04.2021;
- 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» № I 53-1-011/пр-тип. от 08.04.2021;
- 6-05-0612-03 «Системы управления информацией» № 6 6-05-06-007/пр. от 17.11.2022;
- 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии» № 6 6-05-07-006/пр. от 17.11.2022.

## СОСТАВИТЕЛЬ

Крышнев Ю.В. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленная электроника» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

## РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры «Промышленная электроника» (протокол № 9 от 25.05.2023 г.)

Заведующий кафедрой  Ю.В. Крышнев

Одобрена и рекомендована к утверждению научно-методическим Советом факультета автоматизированных и информационных систем (протокол № 10 от 14.06.2023 г.)

Председатель  И.И. Суторьяма

## 1. Цели и задачи программы

Целью программы является установление объема и уровня профессиональных знаний поступающего в аспирантуру на специальность «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Задачи, обеспечивающие достижение этой цели, включают знания следующих основных разделов, включенных в программу:

- информационно-измерительная техника и цифровая обработка сигналов;
- теория автоматического управления;
- преобразовательная техника, интегральная электроника в измерительных устройствах;
- микропроцессорная и микроконтроллерная техника;
- регуляторы и измерительные преобразователи физических величин;
- средства цифровой обработки сигналов.

## 2. Требования к знаниям, умениям и навыкам экзаменуемого

Экзаменуемый должен

*знать:*

- теорию информации и информационно-измерительную технику;
- схемотехнику и принцип действия основных функциональных преобразователей электронной техники;
- теорию автоматического управления;

*уметь:*

- разрабатывать микропроцессорные и микроконтроллерные системы;
- анализировать и разрабатывать первичные измерительные преобразователи физических величин;
- использовать микроэлектронную элементную базу при разработке устройств вычислительной техники и систем управления.

*владеть:*

- навыками проектирования и анализа схем функциональной электроники;
- навыками расчета, анализа и выбора автоматических регуляторов;
- навыками разработки узлов и устройств вычислительной техники и систем управления;
- навыками проектирования и анализа средств цифровой обработки сигналов.

### 3. Содержание программы

#### Раздел 1. Информационно-измерительная техника и основы цифровой обработки сигналов

Математическое описание детерминированных сигналов.

Разложение сигналов по ортогональным базисам. Обобщённый ряд Фурье.

Спектральный анализ периодических и непериодических сигналов. Основные свойства преобразования Фурье.

Аналитический сигнал.

Модулированные сигналы.

Математическое описание случайных сигналов. Основные вероятностные характеристики случайного сигнала, спектральное представление случайного сигнала (теорема Винера-Хинчина).

Квантование и дискретизация сигналов. Теорема Котельникова (критерий Найквиста).

Принципы построения корректирующих кодов.

Классификация электрических фильтров. Основные задачи при приеме сигналов на фоне шума. Фильтрация измерительных сигналов. Импульсная и переходная характеристика. Согласованный фильтр. Импульсная характеристика согласованного фильтра.

Дискретные фильтры. Алгоритм линейной цифровой фильтрации.

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).

Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ).

Теория Z-преобразования.

Принцип цифровой обработки сигналов.

Трансверсальный цифровой фильтр.

Рекурсивный цифровой фильтр. Методы синтеза цифрового фильтра.

Элементы структурной схемы супергетеродинного приемника. Понятия промежуточной частоты и зеркального канала.

Демодуляция амплитудно-модулированных сигналов.

Демодуляция частотно-модулированных сигналов.

Принципы адаптивной фильтрации.

#### Раздел 2. Теория автоматического управления

Алгебра структурных схем. Правила преобразования структурных схем.

Передаточная функция по ошибке. Комплексный коэффициент передачи.

Типовые звенья систем автоматического управления (САУ), их амплитудно-частотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики.

Устойчивость: достаточное и необходимое условие.

Алгебраические критерии устойчивости (Рауса, Гурвица).

Частотные методы анализа устойчивости (принцип аргумента, критерий Михайлова).

Критерии устойчивости Найквиста.

### **Раздел 3. Преобразовательная техника. Интегральная электроника в измерительных устройствах.**

Структурная схема блока питания. Однополупериодный выпрямитель, его достоинства и недостатки.

Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой. Достоинства и недостатки. Мостовая схема выпрямления. Достоинства, недостатки. Сглаживающий фильтр, расчет емкости фильтра.

Стабилизаторы постоянного напряжения (параметрические и компенсационные).

Операционный усилитель (ОУ). Основные параметры. ОУ с параллельной отрицательной обратной связью, примеры использования.

ОУ с последовательной обратной связью, примеры использования.

Точные выпрямители. Достоинства и недостатки. Точный выпрямитель с использованием параллельной отрицательной обратной связи. Достоинства и недостатки.

Измеритель среднего значения переменного напряжения. Примеры реализации, расчет.

Фазочувствительные выпрямители. Общие положения, основные свойства. Фазочувствительные выпрямители с параллельно-последовательными ключами. Достоинства, недостатки.

Логарифмические и антилогарифмические усилители.

Экспоненциальный усилитель.

Генератор прямоугольных колебаний на основе одного ОУ. Расчетные соотношения, достоинства, недостатки.

Генератор треугольных колебаний.

Генератор синусоидальных колебаний. Общие положения. Баланс фаз, амплитуд.

Генераторы синусоидальных колебаний на основе RC-цепей.

Генератор с последовательно-параллельной RC-цепью на основе моста Вина.

Информационный преобразователь переменного напряжения.

Резистивные датчики. Мостовая измерительная схема для резистивных датчиков. Мост Уитстона.

Двухпроводные измерительные схемы.

Трехпроводные линии связи.

Четырехпроводные линии связи.

Измерительные мостовые схемы с использованием одного ОУ.

Измерительные мостовые схемы с использованием двух ОУ.

Функциональные схемы измерительного преобразователя для индуктивного и емкостного датчика.

Формирователи управляющих напряжений.

Преобразователь «напряжение-ток» на основе схемы Хауланда.

Дифференциальный усилитель на основе одного ОУ: достоинства и недостатки.

Измерительный усилитель на одном ОУ с регулировкой коэффициента усиления. Достоинства, недостатки.

Измерительный усилитель на двух ОУ с высоким входным сопротивлением. Достоинства, недостатки.

Измерительный усилитель на трех ОУ (классическая схема инструментального усилителя).

Устройство выборки и хранения: назначение, режим работы, основные параметры. Схемотехника простейших устройств выборки и хранения.

Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), назначение, принцип работы, классификация, параметры.

Схемотехника ЦАП со взвешенными резисторами и с матрицей R-2R.

Классификация аналого-цифровых преобразователей (АЦП), основные методы построения. Основные параметры АЦП.

Последовательный АЦП со ступенчатым пилообразным напряжением.

АЦП последовательных приближений.

Параллельные АЦП.

АЦП двойного интегрирования.

Параллельные АЦП.

#### **Раздел 4. Микропроцессорная и микроконтроллерная техника**

Основные понятия и определения микропроцессорной техники. Принципы построения микропроцессорных систем.

Архитектура микропроцессора: CISC- и RISC-процессоры, Принстонская и Гарвардская.

Структура микропроцессорной системы (МПС) и режимы ее работы.

Модуль процессора МПС: его состав и выполняемые функции.

Модуль памяти МПС: его состав и выполняемые функции.

Модуль ввода/вывода МПС: его состав и выполняемые функции.

Классификация и структура микроконтроллеров (МК). Процессорное ядро МК.

Типы памяти микроконтроллеров.

Порты ввода/вывода и таймеры микроконтроллеров.

Таймеры микроконтроллеров.

Средства аналогового ввода/вывода микроконтроллеров.

Интерфейсы микропроцессорных систем, классификация и принципы построения.

Последовательные асинхронные интерфейсы: RS-232, RS-422, RS-485, ИРПС (токовая петля CL).

Однокристалльные микроконтроллеры семейства MCS-51: состав и общая характеристика. Структурная организация МК: регистры, память данных и команд.

Работа микроконтроллеров MCS-51 в автономном режиме, подключение внешней памяти программ и данных.

Однокристалльные микроконтроллеры семейства PIC: состав и общая характеристика. Микроконтроллер PICF84: общая характеристика, внутренняя структура, назначение выводов.

Микроконтроллер PIC16F84: организация памяти программ и данных, порты ввода/вывода, модуль таймера, память данных в ППЗУ (EEPROM), система прерываний.

Общие принципы и основные этапы разработки микроконтроллерных систем. Разработка и отладка аппаратных средств и программного обеспечения. Методы совместной отладки аппаратных и программных средств.

Программирование типовых процедур управления и контроля для MCS-51: опрос двоичного датчика, ожидание события, формирование временной задержки, вывод управляющих сигналов, защита от дребезга контактов.

Методы ввода информации с клавиатуры для MCS-51.

Вывод и отображение информации для MCS-51.

## **Раздел 5. Регуляторы и измерительные преобразователи физических величин**

Авторегуляторы.

Двухпозиционный и трехпозиционный законы регулирования.

Пропорциональный закон регулирования. Дифференциальный закон регулирования.

Пропорционально-дифференциальный закон регулирования.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования.

Методы и средства измерения температур в диапазоне  $200^{\circ}\text{C} \div 6000^{\circ}\text{C}$ .

Термоэлектрические преобразователи. Принцип действия. Конструкция. Законы термоэлектричества. Компенсация температуры свободных концов термопары.

Полупроводниковые терморезисторы (термисторы). Термометр сопротивления.

Вторичные приборы для измерения температуры.

Тензорезисторы, принцип действия, основные формулы, особенности применения.

Измерительные цепи тензорезисторов. Конструкция тензорезисторов.

Пьезоэлектрические преобразователи. Физические основы. Область применения.

Пьезорезонансные преобразователи.

Ультразвуковой метод измерения расхода жидкости.

Способы измерения электрической емкости. Емкостные преобразователи для измерения угла поворота, перемещения, уровня.

Индуктивные преобразователи.

Трансформаторные датчики.  
Магниторезистивный эффект. Преобразователи Холла.

## **Раздел 6. Средства цифровой обработки сигналов**

Типовые процедуры обработки сигналов, реализуемые на основе средств ЦОС: перенос спектра сигналов из одной частотной области в другую, вычисление дискретной свертки, корреляционной функции.

Оконные функции в реализации практических алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС) их практическое применение.

Схемы цифровых фильтров на основе средств ЦОС с прямым выполнением свертки и с промежуточным вычислением спектра. Реализация на основе средств ЦОС фильтров с конечной и бесконечной импульсной характеристикой.

Базовая операция ЦОС – «умножение с накоплением».

Вопросы аналого-цифрового преобразования в системах на основе средств ЦОС: общие требования к АЦП, спектр дискретизованного сигнала, антиалиазинговый фильтр. Спектр шума квантования, отношение сигнал/шум.

Вопросы цифроаналогового преобразования в системах на основе средств ЦОС: структуры ЦАП, антиимэджинговый фильтр, прямой цифровой синтез на основе генератора с цифровым управлением.

Понятие о специализированных для решения конкретной задачи микросхемах (ASIC, Application-Specific Integrated Circuit), программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС), программируемых аналоговых интегральных схемах (ПАИС).

Цифровые сигнальные процессоры/контроллеры (ЦСП). Особенности архитектуры и технические характеристики конкретных ЦСП.

Процессоры ARM (Advanced RISC Machine), семейства процессоров: ARM7, ARM9, ARM11 и Cortex, аппаратура и торговые марки аппаратно-программных средств на их основе. Кристаллы «DSP+ARM».

Разновидности, особенности архитектуры и технические характеристики ПЛИС.

Отладочное оборудование на основе ПЛИС.

Языковое описание схемы на языке Verilog HDL.

Проектирование устройств комбинационной логики на языке Verilog HDL.

Проектирование устройств последовательностной (регистровой) логики на языке Verilog HDL.

Проектирование устройств цифровой обработки сигналов на языке Verilog HDL.



## 4. Литература

### Основная

1. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов / О.В. Алексеев, А.А. Головков, И.Ю. Пивоваров и др.; Под ред. О.В. Алексеева. – М.: Высш. шк. – 2000.
2. Автоматизированное конструирование монтажных плат РЭА: Справочник специалиста / Под ред. Л. П. Рябова. – М.: Радио и связь, 1986. – 192 с.
3. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход. – 2-е изд. – 2004. – 992 с.
4. Афанасьев В.Н. Математическая теория конструирования систем управления: учебник для вузов. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа. – 1998. – 574 с.
5. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности: Учеб. для инж.-техн. спец. вузов.- Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
6. Бройдо, В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебное пособие для вузов / В. Л. Бройдо. – Санкт-Петербург : Питер, 2002. – 687 с.
7. Гелль П.П., Иванов-Есипович Н.К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд. – 1984. – 536 с.
8. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М: Сов. радио, 1985 г.
9. Измерения в промышленности. Справ. издат. в 3-х томах./пер.с нем./ под ред. Профоса П. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1990. – 491с.
10. Измерения электрических и неэлектрических величин. Н.Н.Евтихийев, Я.А. Купершмит и др., М., Энергоатомиздат, 1990 г.
11. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для электромех. и электроэнергетических специальностей вузов / И.П. Копылов. 2-е изд., перераб. М.: Логос 2000.
12. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. – 2-е изд.– М., 2004. – 458 с.
13. Москатов, Е.А. Силовая электроника. Теория и конструирование / Е.А. Москатов. – Киев: «МК-Пресс»: Санкт-Петербург: «Корона-век», 2013. – 239 с.
14. Николайчук О.И. Системы малой автоматизации – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.
15. Новиков, Ю. В. Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования / Ю. В. Новиков. – М.: Мир, 2001.
16. Основы теории цепей: Учебник для вузов / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – 5-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989 г.
17. Острём К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 480 с.
18. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Под ред. Е.П. Осадчего. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.

19. Рабинер Л.Р., Голд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ./ Под ред. Ю.Н. Александрова. М.: Мир, 1978.– 637 с.
20. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 603 с.
21. Скляр О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 272 с.
22. Степанов А. Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей: учеб. пособие для вузов. – Санкт-Петербург: Питер, 2007. – 508 с.
23. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: в 3-х томах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1993 г.
24. Щербаков В.И., Грездов Г.И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник/ В.И. Щербаков, Г.И. Грездов. – К.: Техника, 1983
25. Юревич, Е. И. Теория автоматического управления/ Е.И. Юревич. – М.: Энергия, 1969 г.
26. Яне Б. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.

#### Дополнительная

27. Liptak, V.G. Process Control and Optimization. Instrument Engineers' Handbook 2 (4th ed.). – CRC Press – 2006.
28. Автоматизация технологического оборудования микроэлектроники / Под ред. А.А. Сазонова.– М.: Высшая школа. – 1991.
29. Автоматизация и механизация сборки и монтажа узлов на печатных платах/ Под. ред. В.Г. Журавского. – М.: Радио и связь, 1982. – 160 с.
30. Алексеев В.Ф. Принципы конструирования и автоматизации проектирования РЭУ: Учеб. пособие – Мн.: БГУИР, 2003. – 197 с.
31. Амосов В.В. Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств: учеб.пособие для вузов. – СПб.БХВ-Петербург, 2012. – 560 с.
32. Аршанский М.М. Мехатроника. Учебное пособие. – М., 1995.
33. Бейлина, Р.А., Грозберг Ю.Г., Довгялло Д.А. Микроэлектронные датчики. Учебное пособие. – Новополюк: ПГУ. – 2001.
34. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории.// – М. – Техносфера. – 2006. – 279 с.
35. Боровиков, С. М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности / С. М. Боровиков. – Мн.: ДизайнПРО, 1998. – 335 с.
36. Бубнов, А.В. Аналоговая и цифровая схемотехника: учеб.пособие / А.В. Бубнов, К.Н. Гвозденко, М.В. Гокова. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2010. – 80 с.
37. Булычев А.Л., Лямин П.Н., Тулинов Е.С. Электронные приборы. – Мн.: Вышэйшая школа, 1999 – 416 с.
38. Введение в цифровую фильтрацию / Под ред. Р. Богнера и А. Константинодиса. – пер. с англ., под. ред Л.И. Филлипова – М.: Мир, 1976. – 216 с.

39. Гжиров, Р.И. Краткий справочник конструктора/ Р.И.Гжиров – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1984 – 464 с.
40. Глудкин, О.П. Методы и устройства испытаний РЭС и ЭВС: Учебник. – М.: Высш. шк., 1991 – 335 с.
41. Григорьян, С.Г. Конструирование электронных устройств систем автоматизации и вычислительной техники: учебное пособие для вузов / С.Г. Григорьян. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2007. – 303 с.
42. Гутников В.С. Аналоговые микросхемы и их применение. – Л., Энергоатомиздат, 1991 г.
43. Гутников, В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., перераб. и доп. / В.С. Гутников. – Л. Машиностроение, 1988.
44. Гутников В. С. Фильтрация измерительных сигналов. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1990. – 190 с.
45. Густав Олссон, Джангуидо Пиани Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 556 с.: 3-е изд.
46. Джонс, Дж. К. Методы проектирования: Пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
47. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.: Высшая школа, 1982 г.
48. Иващенко А.И. Основы теории автоматического управления. М., Высшая школа, 1990 г.
49. Коломбет Е.А., Юркович К., Зодл Я. Применение аналоговых микросхем. – М.: Радио и связь, 1990 г.
50. Красковский, Е.Я. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов / под ред. Ю. А. Дружинина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк. – 1991. – 480 с.
51. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986 г.
52. Кундас С.П., Кашко Т.А. Компьютерное моделирование технологических систем. Учебное пособие. – Мн.: БГУИР. – 2001.
53. Кухаркин Е.С. Основы инженерной электрофизики. Под ред. П.А. Ионкина. Учебное пособие для студентов вузов. – Ч.1. – М.: Высшая школа. – 1969. – 510 с.
54. Левшина Е.С., Новицкий П.М. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. Л., Энергоатомиздат, 1983 г.
55. Лысенко Э.В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. – М.: Радио и связь. – 1987.
56. Лэм. Г. Аналоговые и цифровые фильтры. Расчет и реализация. Пер с англ. / Г. Лэм. – М.: Мир, 1984.
57. Максимов Н. В., Партыка Т. Л., Попов И. И. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем, 5-е изд. Форум, Инфра-М., 2013. – 512 с.
58. Марпл С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990. – 236 с.
59. Основы микропроцессорной техники. Курс лекций. Учебное пособие / Из-

дание второе, исправленное / Новиков Ю.В., Скоробогатов П.К. / М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-университет Информационных Технологий», 2011. — 440 с.

60. Таненбаум, Э. Современные операционные системы: [перевод с английского] / Э. Таненбаум. – 3-е изд. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2015 – 1115 с.

61. Уилмсхерст Т. Разработка встроенных систем с помощью микроконтроллеров PIC. Принципы и практические примеры: пер. с англ. – К.: МК-Пресс, СПб.: КОРОНА-ВЕК. – 2008.

62. Ульрих, В.А. Микроконтроллеры PIC16X7XX: семейство МК с АЦП / В.А. Ульрих. – М.: СОЛОК, 2005.

63. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.

64. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990 г.