

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Первый проректор БГТУ  
Сакович А.А.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**  
**В МАГИСТРАТУРУ БГТУ**  
для специальности углубленного высшего образования  
7-06-0713-04 Автоматизация

Минск, 2025

Программа вступительных испытаний в магистратуру БГТУ по специальности 7-06-0713-04 Автоматизация разработана в соответствии с приказом ректора БГТУ от 14.02.2025 № 102 «Об организации проведения вступительных испытаний и дополнительных собеседований в 2025 году».

Программа составлена на основе: учебных программ БГТУ по учебным дисциплинам, модулям специальности либо группам специальностей образовательной программы бакалавриата, соответствующим специальности образовательной программы магистратуры 7-06-0713-04 «Автоматизация»

#### СОСТАВИТЕЛИ:

Д.С. Карпович – заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов и электротехники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент;

Д.А. Гринюк – доцент кафедры технологии автоматизации производственных процессов и электротехники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук.

Программа вступительных испытаний в магистратуру БГТУ по специальности 7-06-0713-04 «Автоматизация» рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники

Протокол заседания кафедры № 6 от 12.02.2025

Заведующий кафедрой  
автоматизации производственных  
процессов и электротехники,  
канд. техн. наук,

Д.С. Карпович

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительных испытаний в магистратуру БГТУ по специальности 7-06-0713-04 «Автоматизация» состоит из 3-х блоков: Программа профильного вступительного испытания, Программа дополнительного вступительного испытания, Программа дополнительного собеседования.

Уровень основного образования лиц, поступающих для получения углубленного высшего образования – высшее образование первой ступени по специализациям специальности 7-06-0713-04 «Автоматизация».

Лица, имеющие высшее образование первой ступени по иным специальностям, участвуют в конкурсе с учетом сдачи дополнительного вступительного испытания.

### I. ПРОГРАММА ПРОФИЛЬНОГО ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ.

Форма проведения экзамена – устная.

На экзамен вынесены учебные дисциплины «Теория автоматического управления», «Моделирование объектов и систем управления», «Автоматизированный электропривод отрасли (в химической промышленности, в лесном комплексе, в промышленности строительных материалов)» «Метрология и технологические измерения в отрасли».

### II. ПРОГРАММА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ.

Форма проведения экзамена – устная.

На экзамен вынесены учебные дисциплины «Автоматическое управление в химической промышленности», «Управление процессами по критерию экономии энергии», «Компьютерное управление».

### III. ПРОГРАММА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОБЕСЕДОВАНИЯ.

Дополнительное собеседование по учебным дисциплинам проводится с абитуриентами из числа иностранных граждан, поступающих в магистратуру БГТУ.

Дополнительное собеседование проводится по учебной дисциплине «Автоматизация и управление технологическими процессами».

## **Критерии оценок вступительного испытания для получения высшего образования второй ступени по специальности 7-06-0713-04 «Автоматизация»**

Десятибалльная шкала в зависимости от величины балла и оценки включает следующие критерии:

### **10 баллов – ПРЕВОСХОДНО:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы вступительного испытания, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;

#### **9 баллов – ОТЛИЧНО:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы вступительного испытания;
- точное использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках программы вступительного испытания;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им критическую оценку;

#### **8 баллов – ПОЧТИ ОТЛИЧНО:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме программы вступительного испытания;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках программы вступительного испытания;

#### **7 баллов – ОЧЕНЬ ХОРОШО:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы вступительного испытания;
- использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им критическую оценку;

#### **6 баллов – ХОРОШО:**

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы вступительного испытания;
- использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках программы вступительного испытания;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им сравнительную оценку;

**5 баллов – ПОЧТИ ХОРОШО:**

- достаточные знания в объеме программы вступительного испытания;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках программы вступительного испытания;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им сравнительную оценку;

**4 балла – УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО:**

- достаточный объем знаний в рамках программы вступительного испытания;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;

**3 балла – ПОЧТИ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО:**

- достаточный объем знаний в рамках программы вступительного испытания;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы без существенных логических ошибок;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины;

**2 балла – НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО:**

- фрагментарные знания в рамках программы вступительного испытания;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых логических ошибок;

**1 балл – НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО:**

- отсутствие знаний и компетенции в рамках программы вступительного испытания;

**0 баллов – НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО:**

- отказ от ответа.

# I. ПРОГРАММА ПРОФИЛЬНОГО ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### Раздел 1. Теория автоматического управления

Математическое описание сигналов в непрерывных линейных детерминированных системах.

Математическое описание сигналов в непрерывных линейных стохастических системах.

Математическое описание сигналов в линейных дискретных системах.

Типовые элементарные звенья и их характеристики.

Типовые статические нелинейности и их характеристики.

Преобразование структурных схем линейных непрерывных систем.

Критерий устойчивости непрерывных линейных систем.

Критерий устойчивости дискретных линейных систем.

Критерий устойчивости нелинейных систем.

Построение переходных процессов для линейных непрерывных систем.

Построение переходных процессов для линейных дискретных систем.

Критерии качества регулирования.

Синтез системы регулирования методом расчета параметров регулятора на желаемую степень затухания ПП.

Синтез системы регулирования методом расчета параметров регулятора на желаемый показатель колебательности.

Синтез системы управления с использованием упределителей типа Смита.

Синтез инвариантных систем управления.

Многосвязные линейные системы и их анализ.

### Раздел 2. Моделирование объектов и систем управления

Модель динамики объектов регулирования уровня вещества.

Модель динамики объекта регулирования расхода вещества.

Модель динамики объектов регулирования концентрации веществ.

Модель идеального перемешивания.

Модель идеального вытеснения.

Диффузионные модели.

Ячеечные модели.

Моделирование процессов прямоточных теплообменников без учета тепловой емкости стенки трубы.

Моделирование процессов противоточных теплообменников без учета тепловой емкости стенки трубы.

Моделирование процессов в теплообменниках с учетом накопления теплоты в его стенках.

Получение передаточных функций для противоточных теплообменников.

Вывод передаточных функций конденсатора без учета накопления тепла в стенке.

Вывод передаточных функций конденсатора с учетом накопления тепла в стенке.

Принципы построения математических моделей аналитическими методами.

Оценка взаимосвязи переменных статистической модели на основе корреляционного анализа.

Определение коэффициентов уравнения регрессии.

### **Раздел 3. Автоматизированный электропривод отрасли (в химической промышленности, в лесном комплексе, в промышленности строительных материалов)**

Типовые статические нагрузки электропривода. Механические переходные процессы при активном и реактивном характере нагрузки.

Расчетные схемы механической части электропривода. Приведение момента сопротивления, момента инерции, жесткости к валу двигателя.

Механическая часть электропривода как объект управления (на примере двухмассовой модели).

Механические переходные процессы при линейных зависимостях  $M(\omega)$  двигателя и  $M_c(\omega)$  нагрузки.

Графический анализ механических переходных процессов при пуске и реверсе с активной и реактивной нагрузками.

Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ). Схема, принцип работы, режимы работы, статические характеристики.

Динамическая модель ДПТ НВ и его структурная схема.

Влияние магнитного потока на свойства ДПТ НВ. Реализация, схема, характеристики, ограничения, применение.

Влияние  $R_{доб}$  в якорной цепи на свойства ДПТ НВ. Реализация, схема, характеристики, применение.

Влияния напряжения якоря на свойства ДПТ НВ. Реализация, схема, характеристики, применение.

Тормозные режимы ДПТ НВ. Разновидности, реализация, применение.

Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением. Устройство, схема, особенности, регулирование, применение.

Асинхронный двигатель (АД). Устройство, разновидности, принцип действия, режимы работы.

Искусственные механические характеристики асинхронного двигателя в различных режимах. Реализация, применение.

Асинхронный двигатель с фазным ротором. Устройство, схема, достоинства, характеристики, пуск, регулирование скорости.

Частотное управление АД. Законы регулирования, характеристики.

### **Раздел 4 Метрология и технологические измерения в отрасли**

Методы измерений: классификация (непосредственной оценки, сравнения с мерой: дифференциальный, нулевой).

Погрешности измерений: абсолютная, относительная, систематическая, случайная. Способы устранения.

Средства измерений: виды, назначения, структурные схемы (прямого действия и компенсационные).

Метрологические характеристики систем измерения: погрешность, входной (выходной) импеданс, чувствительность, статические и динамические характеристики.

Погрешность средств измерений: класс точности, размах, вариация, аддитивная, мультипликативная.

Мостовые измерительные схемы. Компенсационные измерительные схемы: принцип действия характеристики.

Электрические (КСП, КСМ, КСД, КСУ) и пневматические (ПВ) вторичные приборы. Приборы со статической и астатической компенсацией.

Деформационные манометры (мембранные, сильфонные, Бурдона). Установка СИ давления и защита от агрессивных сред.

Термометры расширения: жидкостные, дилатометрические, биметаллические.

Термоэлектрические преобразователи. Поправка на температуру холодных спаев, способы включения, материалы сопротивления (ТС). Измерение температуры с помощью термопреобразователей сопротивления (ТС).

Вторичные приборы, работающие с ТС: мосты и логометры, пирометры.

Пирометрия. Разновидности пирометров.

Методы измерения уровня. Поплавковые, буйковые, гидростатические, емкостные. Акустические, радиационные, весовые уровнемеры.

Измерения расхода жидкостей и газов. Требования, классификация. Расходомеры переменного перепада.

Расходомеры обтекания. Ротаметры.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьміцкі, І.Ф. Мадэляванне аб'ектаў і сістэм аўтаматызацыі / І.Ф. Кузьміцкі, В.П. Кобрынец, Д.С. Карповіч. Мінск: БДТУ, 2011. – 252 с.
2. Кузьмицкий, И.Ф., Теория автоматического управления / И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. – Минск: БГТУ, 2010, – 572
3. Бессекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бессекерский, Е.П. Попов. – Спб.: Профессия, 2003, –750 с.
4. Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления. Теория, применение, моделирование в MatLab / А.Ю. Ощепков. – М.: Изд-во «Миброкон», 2014.
5. Ильинский, Н.Ф. Электропривод / Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. –203с.
6. Анхимюк, В.П. Теория автоматического управления / В.П. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352с.
7. Браславский, И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: учебн. пособие / И.Я. Браславский. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. – 256с.
8. Фираго, Б.И. Теория электропривода / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 585 с.
9. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
10. Герман, С.Г. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман. – Санкт-Петербург: Корона-Век, 2008. – 367 с.
11. Латышенко, К.П. Автоматизация измерений, контроля, испытаний: учебник для студентов высших специальных учебных заведений / К.П. Латышенко. Москва: Академия, 2012. – 316 с.
12. Латышенко, К.П. Автоматизация измерений, контроля, испытаний. Практикум. Учебное пособие для академического бакалавриата / К.П. Латышенко, В.В. Головин. – 3-е изд. испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2016. – 189 с
13. Клаассен, Клаас. Основы измерений. Датчики и электронные приборы. Учебное пособие / К. Клаассен. Пер. с англ. 4-е изд. – Долгопрудный: Интеллект, 2012. – 350 с.
14. Бакаленка, У.І. Метралогія і тэхнічныя вымярэнні галіны. Лабараторны практыкум. Дапаможнік для студэнтаў ВНУ / У.І. Бакаленка, В.Б. Міхайлаў. – Мінск: БДТУ. – 2007. – 91 с.
15. Сергеев, А.Г. Метрология. Учебное пособие для ВУЗов / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин. – Москва: Логос, 2000. – 408 с.
16. Назаров, Н.Г. Метрология. Основные понятия и математические модели. Учебное пособие для ВУЗов/ Н.Г. Назаров. □ Москва: Высш. шк., 2002. – 349 с.

## II. ПРОГРАММА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

### СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

#### **Введение**

Цели, задачи и общее содержание курса. Современное состояние и развитие технологий водоподготовки. Классификация основных методов водоподготовки. Последовательность стадий обработки воды.

#### **Раздел 1. Автоматическое управление в химической промышленности**

1. Каскадные системы регулирования.
2. Системы несвязного регулирования.
3. Взаимосвязанные системы регулирования.
4. Комбинированные системы регулирования.
5. Регулирование объектов с запаздыванием.
6. Регулирование нестационарных объектов.
7. Оптимальная фильтрация и последовательность выбора системы автоматизации. Предварительный выбор структуры и оценка параметров системы регулирования.
8. Регулирование расхода, соотношения расходов, давление, перепада давления.
9. Особенности регулирования систем поддержания уровня и температуры.
10. Системы регулирования pH и концентрации.
11. Регулирование процессов в химических реакторах. Построение статических характеристик реакторов.
12. Особенности динамики и устойчивость режимов работы химических реакторов.
13. Особенности регулирования реакторов смешения. Примеры регулирования химических реакторов. Регулирование биологических реакторов.
14. Особенности регулирования трубчатых реакторов. Регулирование реакторов полимеризации.
15. Регулирование теплообменников смешения и кожухотрубных теплообменников.
16. Особенности регулирования испарителей.
17. Регулирование печей.
18. Регулирование массообменных процессов.
19. Оптимальное управления технологическими процессами.
20. Декомпозиция и агрегирование оптимальных задач

#### **Раздел 2. Управление процессами по критерию экономии энергии**

1. Основы термодинамики автоматизации и регулирования. Понятие энтропии.
2. Располагаемая работа и способы ее сохранения. Располагаемая работа обратимых процессов. Дросселирование, смещение и теплоотдача – необратимый процесс; обеспечение минимальных потерь энергии.
3. Системы регулирования процесса горения газообразных топлив. Системы регулирования процесса горения жидких топлив.

4. Регулирование сжигания твердого топлива. Регулирование дожигания в факеле. Регулирование горения при использовании различных топлив.
5. Регулирование расхода воздуха на сжигание. Регулирование систем загрязнения и очистки от твердых частиц. Системы обеспечения безопасности управления. Регулирование давления и расхода в топке.
6. Регулирование процессов в генерации технологического пара. Регулирование процессов в паровых коллекторах паровых котлах.
7. Системы регулирования процессов в компрессорах. Предотвращение помпажа.
8. Охлаждение и выпаривание. Наиболее распространенные системы.
9. Сушка твердых материалов. Условия минимального потребления энергии.
10. Дистилляция. Регулирование качества продукта. Способы экономии и регенерации энергии.
11. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Тепловые насосы. Управление энергетическими процессами зданий.

### **Раздел 3. Компьютерное управление**

1. Распределенные системы управления. Многоуровневая архитектура.
2. Применение интернет-технологий. Принцип управления через интернет. Понятие открытой системы. Достоинства и недостатки.
3. Общие сведения о промышленных сетях, применяемых в автоматизации. Модель OSI. Полевые протоколы поддерживаемые RS-422, RS-485. Интерфейс токковая петля.
4. Промышленный Ethernet. MAC. CDMA. Резервирование промышленных сетей Ethernet: стандарты и технологии. Сети Real-Time Ethernet: от теории к практической реализации. EtherCAT. Системное развитие быстродействующих коммутируемых сетей Ethernet. Технология «Power over Ethernet».
5. Беспроводные локальные сети. Проблемы беспроводных сетей и пути их решения. Использование GSM-технологий для автоматизации.
6. Сетевое оборудование. Repeater, Hub, преобразователи, адресуемые преобразователи интерфейса. Межсетевые шлюзы. Другое сетевое оборудование. Кабели промышленных сетей.
7. Источники помех. Помехи из сетей электроснабжения. Заземление и помехи. Защитное заземление. Автономное заземление. Виды заземления.
8. Наиболее важные вопросы измерений в промышленной автоматизации.
9. Динамические измерения. Фильтр и динамическая точность. Суммирование погрешностей измерения.
10. Идентификация моделей динамических систем. Выбор тестовых сигналов.
11. Модификации ПИД-регуляторов.
12. Особенности реальных регуляторов.
13. Автоматическая настройка и адаптация.
14. Выбор технических средств управления технологическими процессами.
15. Устройства ввода-вывода.
16. Автоматизация опасных объектов.

17. Аппаратное резервирование.

18. Программное обеспечение систем автоматизации

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления. Теория, применение, моделирование в MatLab / А.Ю. Ощепков. – М.: Изд-во «Миброкон», 2014.
2. Кузьмицкий, И.Ф., Теория автоматического управления / И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. – Минск: БГТУ, 2010, – 572 с.
3. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. – Москва.: Высшая школа 1991, - 399 с.
4. Информационные системы и сети [Текст] : с электронным приложением : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям / В.А. Новиков, А.В. Новиков, В.В. Матвиенко. – Минск : Изд-во Гревцова, 2014. – 444, [3] с.
5. Браславский, И.Я Энергосберегающий асинхронный электропривод: учебн. пособие / И.Я. Браславский. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. –256с.
6. Д.Парк, С. Маккей, Э. Райт. Передача данных в системах контроля и управления М.: 2006. – 420 с.
7. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия-телеком, 2009. – 608 с.
8. Хазаров В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. СПб.: «Профессия», 2009. – 509 с.

### **III. ПРОГРАММА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОБЕСЕДОВАНИЯ**

#### **СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

#### **Автоматизация и управление технологическими процессами**

1. Теория автоматического управления.
2. Моделирование объектов.
3. Автоматизированный электропривод.
4. Метрология и технологические измерения.
5. Автоматическое управление.
6. Критериальное управление процессами.
7. Компьютерное управление.

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Советов, Б.Я. Моделирование систем. М.: Высш. школа, 1985, - 270 с., 2001.
2. Кузьмицкий, И.Ф., Теория автоматического управления / И.Ф. Кузьмицкий, Г.Т. Кулаков. – Минск: БГТУ, 2010, – 572 с..
3. Власов, К.П. Теория автоматического управления. Основные положения. Примеры расчета / К.П. Власов. – Харьков.: Гуманитарный центр, 2007.– 524 с.
4. Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления. Теория, применение, моделирование в MatLab / А.Ю. Ощепков. – М.: Изд-во «Миброкон», 2014.