

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор БГТ  
Сакович А.А.

Регистрационный № \_\_\_\_\_ / пви

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
В МАГИСТРАТУРУ БГТУ  
для специальности углубленного высшего образования  
7-06-0711-09  
«Инженерия химико-технологических процессов»**

Минск, 2025

Программа вступительных испытаний в магистратуру БГТУ по специальности 7-06-0711-09 «Инженерия химико-технологических процессов» 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 7-06-0711-09 «Инженерия химико-технологических процессов».

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

А.Э. Левданский – заведующий кафедрой процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», доктор технических наук, профессор.

Программа вступительных испытаний в магистратуру БГТУ по специальности 7-06-0711-09 «Инженерия химико-технологических процессов» рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Протокол заседания кафедры № 6 от 07.02.2025 г.

Заведующий кафедрой  
процессов и аппаратов  
химических производств,  
докт. техн. наук, профессор

А.Э. Левданский

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительных испытаний в магистратуру БГТУ по специальности 7-06-0711-09 «Инженерия химико-технологических процессов» состоит из 2-х блоков: вступительное испытание и дополнительное собеседование.

Для получения углубленного высшего образования в БГТУ могут поступать лица, имеющие высшее образование, общее высшее или специальное высшее образование, подтвержденное соответствующим документом об образовании. Профили образования, направления образования, группы специальностей, специальности образовательной программы бакалавриата и непрерывной образовательной программы высшего образования ОКРБ 011-2022 «Специальности и квалификации» для освоения содержания образовательной программы магистратуры определяются в соответствии с Правилами приема лиц для получения углубленного высшего образования, утвержденными Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.09.2022 № 574.

Количество вступительных испытаний 1.

Вступительные испытания проводятся по программе вступительных испытаний, разработанные кафедрой процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Форма проведения вступительного испытания – устная.

Вступительное испытание проводится для граждан Республики Беларусь. Дополнительное собеседование проводится для иностранных граждан.

### **Критерии оценок вступительного испытания для получения углубленного высшего образования по специальности 7-06-0711-09 «Инженерия химико-технологических процессов»**

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. ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ.

Вступительное испытание по дисциплине специальности: процессы и аппараты химической технологии.

### Темы вступительных испытаний

#### 1. Общие сведения

Предмет и задачи курса. Классификация процессов химической технологии. Основное кинетическое уравнение, движущая сила и скорость протекания процесса. Моделирование и анализ процессов и аппаратов.

#### 2. Гидромеханические процессы

Гидравлика. Свойства газов и жидкостей. Уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Гидродинамика. Задачи гидродинамики. Структура потоков и режимы движения. Распределение скоростей в потоке. Уравнение неразрывности потока. Дифференциальное уравнение движения Эйлера. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Практическое приложение уравнения Бернулли (измерительная диафрагма). Критерии гидродинамического подобия. Критериальные уравнения. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет диаметра трубопроводов и аппаратов.

Классификация насосов, их основные характеристики. Расчет высоты всасывания и напора насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Законы пропорциональности центробежных машин. Характеристики насоса и сети. Выбор и обоснование оптимальных режимов работы насоса в сети. Насосы объемного действия (поршневой, шестеренчатый, пластинчатый). Насосы динамического действия (осевой, вихревой). Машины для перемещения и сжатия газов. Центробежный и осевой вентиляторы.

Классификация гетерогенных систем. Процессы в гетерогенных системах и их роль. Движение тел в жидкости. Состояние динамического равновесия. Определение скорости осаждения под действием сил тяжести. Характеристики слоя зернистого материала. Движение жидкости через зернистый слой, его гидравлическое сопротивление. Расчет характеристик зернистого слоя и определение его состояния. Аппараты "кипящего слоя".

Методы разделения гетерогенных систем. Материальный баланс разделения. Отстаивание. Расчет отстойников. Конструкции отстойников. Фильтрование. Классификация и выбор фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрования. Фильтрование при постоянном перепаде давлений. Конструкции фильтров и их классификация. Разделение под действием инерционных и центробежных сил. Циклоны. Конструкции и их характеристики. Центрифугирование. Конструкции фильтрующих и осадительных центрифуг. Очистка газов в мокрых пылеуловителях и электрофильтрах. Перемешивание в жидкой среде. Конструкции мешалок.

### 3. Тепловые процессы

Виды теплообмена. Тепловые балансы. Перенос тепла теплопроводностью. Уравнение Фурье. Теплопроводность одно- и многослойной стенок. Перенос тепла конвекцией. Уравнение Фурье-Кирхгофа. Критерии теплового подобия. Критериальные уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи. Теплоотдача при неизменном агрегатном состоянии теплоносителя. Теплоотдача при конденсации пара. Теплоотдача при кипении жидкостей. Лучистый теплообмен. Сложный теплообмен. Основное уравнение теплопередачи. Правило аддитивности термических сопротивлений. Схемы движения теплоносителей в теплообменниках. Расчет средней движущей силы теплопередачи.

Нагревающие агенты, их характеристики и использование. Охлаждающие агенты, их характеристики и использование. Классификация теплообменников и их конструкции. Расчет теплообменников.

Выпаривание. Общая характеристика процесса. Температура кипения раствора. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания. Многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки. Классификация выпарных аппаратов и установок. Циркуляция раствора в выпарных аппаратах, ее роль и способы осуществления. Порядок расчета выпарного аппарата.

### 4. Массообменные процессы

Массообменные процессы и аппараты. Их роль и классификация. Равновесие при массопередаче. Линия равновесия. Материальный баланс массообменного аппарата. Рабочая линия. Направление и скорость массопередачи. Перенос вещества молекулярной и конвективной диффузией. Механизм процессов массопередачи. Уравнение массоотдачи. Критерии диффузионного подобия. Основное уравнение массопередачи. Взаимосвязь коэффициентов массопередачи и массоотдачи. Движущая сила массоотдачи. Число единиц переноса (ЧЕП). Высота единицы переноса (ВЕП), методика их расчета. Степень изменения концентраций (теоретическая тарелка). Расчет числа теоретических и действительных тарелок.

Абсорбция. Общая характеристика процесса. Равновесие при абсорбции. Десорбция. Материальный баланс абсорбера. Технико-экономическое обоснование расхода абсорбента. Классификация абсорберов. Порядок расчета абсорбера.

Перегонка и ректификация. Их характеристика. Равновесие в системе пар-жидкость. Простая перегонка. Применение и материальный баланс процесса. Ректификация. Материальный баланс процесса. Рабочие линии и их построение на X-Y диаграмме. Определение минимального и обоснование оптимального флегмового числа. Тепловой баланс ректификационной установки. Тарельчатые и насадочные ректификационные колонны. Порядок расчета ректификационной колонны.

Сушка. Характеристика процесса. Классификация методов сушки. Формы связи влаги с материалом. Конвективная сушка. Параметры влажного воздуха (I-X-диаграмма). Отображение процессов сушки на I-X-диаграмме. Материальный и тепловой баланс конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилка. Движущая сила сушки. Скорость сушки. Последовательность расчета сушилки.

Классификация сушилок. Специальные виды сушки.

Экстракция. Общая характеристика процесса. Его материальный баланс.  
Адсорбция. Общая характеристика процесса. Ее материальный баланс.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2005. – 751 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 399 с. + 368 с.
3. Маркаў, У.А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі У 2 ч. Ч. 1. Гідрамеханічныя і механічныя працэсы / У.А. Маркаў, П.Я. Вайцяховіч. – Мн.: БДТУ, 2002. – 302 с.
4. Маркаў, У.А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі У 2 ч. Ч. 2. Цеплавыя і масаабменныя працэсы / У.А. Маркаў. – Мн.: БДТУ, 2006. – 442 с.
5. Боровик, А.А. Процессы и аппараты химической технологии. Сборник примеров и задач. В 2 ч. Ч. 1. Техническая гидравлика Гидромеханические процессы / А.А. Боровик, С.К. Протасов, В.А. Марков. – Мн.: БГТУ, 2006. – 332 с.
6. Боровик, А.А. Процессы и аппараты химической технологии. Сборник примеров и задач. В 2 ч. Ч. 2. Тепловые процессы / А.А. Боровик, С.К. Протасов, В.А. Марков. – Мн.: БГТУ, 2013. – 418 с.
7. Войтов И.В., Боровик А.А., Вилькоцкий А.И., Протасов С.К. Процессы и аппараты химической технологии. Массообменные процессы. Сборник примеров и задач. – Минск: БГТУ, 2017. – 509 с.
8. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков – М.: Альянс, 2007. – 576 с.
9. Калишук, Д.Г. Процессы и аппараты химической технологии: учеб.-метод. Пособие для студентов специальностей 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств», 1-48 02 01 «Биотехнология» / Д.Г. Калишук, Н.П. Саевич, А.И. Вилькоцкий. – Минск: БГТУ, 2011. – 426 с.
10. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. – СПб.: Химиздат, 2009. – 542 с.
11. Маркаў, У.А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі. Практыкум: вучэб. Дапаможнік для студэнтаў хіміка-тэхналагічных спецыяльнасцей / У.А.Маркаў, С.К.Пратасаў, А.А.Баравік. – Мінск: БДТУ, 2008. – 210 с.
12. Марков, В.А. Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум: Учеб. Пособие для студентов высших учебных заведений по химико-технологическим специальностям / В.А.Марков, С.К.Протасов, А.А.Боровик. – Минск: БГТУ, 2011. – 206 с.
13. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н.И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
14. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А.Н. Плановский, П.И. Николаев. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
15. Айнштейн В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической

технологии: Учебник: В 2-х кн. / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Логос; Высшая школа, 2002. – 912 + 872 с.

16. Шервуд Т. Массопередача / Т. Шервуд, Р.Л. Пигфорд, У. Уилки. – М.: Химия, 1982. – 696 с.

17. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования / И.А. Александров. – М.: Химия, 1978. – 280 с.

18. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 656 с.

19. Сажин Б.С. Основы техники сушки / Б.С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.

20. Таубман Е.И. Выпаривание / Е.И. Таубман. – М.: Химия, 1982. – 362 с.

21. Романков П.Г. Процессы и аппараты химической промышленности / П.Г. Романков, М.И. Курочкина, Ю.Я. Мозжерин, Н.Н. Смирнов. – Л.: Химия, 1989. – 560 с.

22. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. Т. 2. Механические и гидромеханические процессы / Д. А. Баранов [и др.]: под ред. А. М. Кутепова. – М.: Логос, 2002. – 600 с.

23. Молоканов, Ю. К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки / Ю. К. Молоканов. – М.: Химия, 1987. – 368 с.

## II. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СОБЕСЕДОВАНИЕ.

Дополнительное собеседование проводится по учебной дисциплине: процессы и аппараты химической технологии.

### Темы дополнительного собеседования

#### 1. Химико-технологические системы.

Химическое производство как многофункциональная химико-технологическая система.

Качественные и количественные оценки эффективности химического производства.

Основные принципы составления материальных и тепловых балансов химико-технологических систем.

Классификация моделей химико-технологических систем.

#### 2. Физико-химические основы химико-технологических процессов.

Термодинамические и кинетические закономерности как основа выбора оптимального технологического режима.

Особенности гетерогенных процессов.

Гетерогенно-каталитические процессы.

Выбор и обоснование оптимальных технологических параметров для химико-технологических процессов.

#### 3. Химические реакторы.

Химические реакторы и их классификация. Требования к реакторам.

Сравнение эффективности работы реакторов.

#### 4. Инженерное оформление химико-технологических процессов.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бесков, В. С. Общая химическая технология / В. С. Бесков. – М.: ИКЦ Академкнига, 2006. – 452 с.

2. Кутепов, А. М., Общая химическая технология / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. – М.: ИКЦ Академкнига, 2007. – 528 с.

3. Основы химической технологии: учебник / под ред. И. П. Мухленова. – М.: Высшая школа, 1991. – 463 с.

4. Соколов, Р. С. Химическая технология: учебник в 2-х т. / Р. С. Соколов. – М.: Гуманитарный издательский центр «Владос», 2000. – Т. 1. – 338 с., Т. 2 – 407 с.