

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний в магистратуру  
по направлению**

**18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии**

*Магистерская программа*

***«Цифровые технологии для химико-фармацевтических и  
биофармацевтических производств»***

Разработчики программы:

– руководитель магистерской программы «Цифровые технологии для химико-фармацевтических и биофармацевтических производств» – руководитель Международного учебно-научного центра трансфера фармацевтических и биотехнологий, профессор кафедры кибернетики химико-технологических процессов, д.т.н., профессор Меньшутина Н.В.

– доцент кафедры кибернетики химико-технологических процессов, к.т.н., доцент Гусева Е.В.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительных испытаний предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру ФГБОУ ВО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии по магистерской программе «Цифровые технологии для химико-фармацевтических и биофармацевтических производств».

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 5 апреля 2017 г. № 301).

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников бакалавриата или специалитета классических университетов, технических и технологических вузов, в основных образовательных программах подготовки которых содержатся дисциплины (модули), рабочие программы которых аналогичны по наименованию и основному содержанию рабочим программам перечисленных ниже учебных дисциплин по уровню бакалавриата.

Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева:

1. «Процессы и аппараты химической технологии», которая относится к базовой части блока «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО));

2. «Общая химическая технология», которая относится к базовой части блока «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (ФГОС ВО);

3. «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», относящейся к базовой части блока «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (ФГОС ВО);

4. «Методы кибернетики химико-технологических процессов», которая относится к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (ФГОС ВО);

5. «Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов», относящейся к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (ФГОС ВО);

6. «Информационные системы хранения и обработки данных», относящейся к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (ФГОС ВО);

7. «Наноинженерия в фармацевтических технологиях», относящейся к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Наноинженерия» (ФГОС ВО).

Программа включает перечень вопросов к вступительным испытаниям и перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

Вступительные испытания проводятся в форме устного экзамена по экзаменационным билетам, каждый из которых включает два задания из следующих двух дисциплинарных блоков:

Блок 1. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов и информационные системы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Блок 2. Процессы и аппараты в химической и фармацевтической технологиях.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

### **2.1 Блок 1. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов и информационные системы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

#### **2.1.1 Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

##### **Раздел 1. Математические модели**

Определение. Взаимосвязь математических и физических моделей. Приближенный характер математических моделей. Допущения, принимаемые при построении математической модели. Классификация математических моделей по временному (стационарные, нестационарные, квазистационарные модели) и пространственному признаку (с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами, ячеечные модели).

##### **Раздел 2. Принципы построения математических моделей и этапы математического моделирования**

Уравнения, отражающие основные законы сохранения массы, энергии, импульса, переноса, условия равновесия, ограничения. Дифференциальная и интегральная запись законов сохранения. Применение теоремы Остроградского-Гаусса для вывода дифференциальной формы законов сохранения. Постановка начального и граничных условий.

Изучение химико-технологических процессов методом математического моделирования. Этапы математического моделирования:

а) Составление математического описания аналитическим способом, эмпирическим способом, аналитико-эмпирическим способом.

б) Выбор метода решения. Аналитические и численные методы. Источники возникновения погрешностей. Анализ сходимости итерационных методов. Реализация выбранного метода решения в виде алгоритма. Разработка программы расчета по алгоритму.

в) Установление адекватности модели по объекту. Статистические гипотезы и проверка гипотез по статистическим критериям. Критерии установления адекватности однооткликowych и многооткликowych моделей.

г) Коррекция модели по результатам накопленной информации.

Примеры.

##### **Раздел 3. Блочный принцип построения математических моделей химико-технологических процессов**

Представление математического описания в соответствии с блочным принципом. Основные блоки, составляющие описание процесса и их

взаимосвязь. Отражение принципов системного анализа в блочном подходе к построению математических моделей.

### **2.1.2 Информационные системы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.**

#### **Раздел 1. Системный анализ химических процессов**

Иерархические уровни анализа и исследования химических процессов. Основные подходы к построению моделей реакторов и к решению проблемы моделирования одно- и многофазных химических процессов. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов.

Теоретические основы системного анализа. Основные понятия о принципах системного анализа химических процессов. Математические методы решения уравнений моделей. Структурная и параметрическая идентификация моделей.

#### **Раздел 2. Информационные системы, модели представления данных, базы данных**

**Определение и** классификация баз данных. Технологии и этапы проектирования баз данных. Методы представления данных (иерархические, сетевые, реляционные, постреляционные). Компьютерные средства для построения баз данных. Алгоритмы поиска информации в них. Основные математические методы обработки массивов данных, характеристика и область применения каждого метода. Системы управления базами данных: основные функции, архитектура. Системы визуализации данных: основные функции, архитектура.

#### **Раздел 3. Программные пакеты для проектирования, моделирования и расчёта химико-технологических процессов и производств**

Пакеты ASPEN как пример коммерческих пакетов для проектирования химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств. Состав пакетов ASPEN. Проектирование технологических схем. HYSYS – как один из пакетов ASPEN. Примеры задач моделирования и проектирования химико-технологических процессов и схем.

Программный комплекс CHEMCAD для моделирования и расчета технологических схем.

Пакеты ANSYS для решения задач моделирования течения жидкостей и газов, межфазных взаимодействий и теплообменом методами вычислительной гидродинамики. ANSYS Fluent – как один из пакетов ANSYS. Решения ANSYS для механики деформируемого твердого тела. ANSYS Mechanical – как один из пакетов ANSYS.

## **2.2 Блок 2. Процессы и аппараты в химической и фармацевтической технологиях**

### **2.2.1 Процессы и аппараты химической технологии**

#### **Раздел 1. Общие закономерности гидродинамики**

Свойства жидкостей. Закон внутреннего трения Ньютона. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Классификация жидкостей.

Режимы движения жидкостей. Характеристики течения жидкостей по трубопроводам. Профили скоростей при разных режимах. Модель сплошной среды. Основные гидродинамические величины. Уравнение неразрывности. Уравнение Эйлера и Навье-Стокса.

Течение жидкостей по трубам и каналам. Пленочное течение. Коэффициенты трения. Гидравлические машины.

Основные параметры работы гидравлических машин: производительность, напор, мощность, КПД. Энергетический смысл напора насоса. Высота всасывания насоса. Явление кавитации и его предотвращение.

#### **Раздел 2. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия**

Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция модели. Сравнительная оценка идеальных моделей.

Ячеечная модель. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения.

Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические модели). Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения.

#### **Раздел 3. Гидромеханические процессы**

Классификация жидких и газовых гетерогенных систем: суспензии, эмульсии, пены, пыли, туманы. Материальный баланс процессов разделения гетерогенных систем.

Внешняя задача гидродинамики. Обтекание твердых тел. Течение через неподвижные зернистые слои.

Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоев. Основные характеристики псевдооживленного слоя. Зависимость потери давления от средней скорости потока.

Процессы отстаивания под действием силы тяжести. Расчет поверхности осаждения. Устройство непрерывно действующего отстойника.

Фильтрация суспензий. Основное уравнение фильтрации. Виды фильтровальных перегородок. Фильтры объемного и поверхностного действия.

## **Раздел 4. Термодинамические процессы**

Система и состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики. Равновесные и обратимые процессы. Второй и третий законы термодинамики. Эксергия.

Основные тепловые процессы: нагревание-охлаждение, конденсация, испарение. Тепловые балансы при изменении и без изменений фазового состояния теплоносителей. Прямоток и противоток теплоносителей. Расчет средней движущей силы процесса теплопередачи. Средняя движущая сила при прямотоке и противотоке теплоносителей.

Теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Закон Фурье и уравнение Фурье-Кирхгофа.

Теплоотдача и теплопередача. Математическое описание, физический смысл коэффициентов, температурный градиент. Движущая сила. Коэффициенты теплоотдачи и их расчет при движении в трубах и каналах. Влияние гидродинамического режима течения теплоносителя на коэффициент теплоотдачи. Расчет теплообменных аппаратов.

## **Раздел 5. Массообменные процессы**

Классификация процессов массообмена. Способы выражения составов фаз. Равновесные условия массообмена. Диффузия, закон Фика. Уравнения неразрывности, конвективной диффузии. Движущие силы. Понятие о массоотдаче и массопередаче. Соотношение между коэффициентами массоотдачи и массопередачи. Расчет средней движущей силы массопередачи. Материальный баланс и уравнение рабочей линии при массопередаче (на примере абсорбции). Типы абсорбционных аппаратов и их математическое описание. Минимальный расход абсорбента.

Расчет высоты массообменных аппаратов на основе понятия теоретической ступени разделения. Понятие числа единиц переноса и высоты единицы переноса. Ректификационные аппараты и их типы. Сравнение процессов простой перегонки и ректификации. Расчет ректификационных аппаратов.

### **2.2.2 Общая химическая технология**

#### **Раздел 1. Химический процесс**

Классификация химических процессов по химическим и фазовым признакам. Иерархическая структура химического процесса. Структура математической модели химического процесса.

Гомогенный химический процесс. Зависимости скорости превращения сырья от концентрации, степени превращения и температуры для простых обратимых и необратимых реакций. Аналитическое и графическое изображение этих зависимостей. Основные показатели гомогенного химического процесса со сложной реакцией: степень превращения,



селективность, выход целевого продукта. Влияние на основные показатели концентрации, порядка реакции и температуры.

Понятие оптимальных температур. Оптимальные температуры для обратимых и необратимых экзо- и эндотермических реакций.

Гетерогенный химический процесс «газ (жидкость) - твердое». Модель «сжимающаяся сфера» и модель «сжимающееся ядро». Схема и математическое описание процессов в обеих моделях. Для обеих моделей – наблюдаемая скорость, время полного превращения, лимитирующая стадия, способы интенсификации.

Гетерогенный химический процесс «газ (жидкость) - жидкость». Структура и математическое описание процесса с медленной и быстрой реакцией. Режимы процесса, наблюдаемая скорость, пути интенсификации.

Каталитический химический процесс. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Степень использования внутренней поверхности. Пути интенсификации каталитических процессов.

## **Раздел 2. Химические реакторы**

Классификация химических реакторов. Функциональные элементы реактора. Общий вид математической модели химического процесса в реакторе.

Химические реакторы – идеального вытеснения, идеального смешения непрерывного действия, идеального смешения периодического действия. Математическое описание изотермического и неизотермического процесса в реакторах всех типов. Сравнение их между собой.

Каскад реакторов идеального смешения. Аналитический и графический методы расчета каскада.

Явление тепловой устойчивости в химическом реакторе. Неоднозначность стационарных режимов. Способы управления тепловым режимом.

## **Раздел 3. Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС)**

Элементы ХТС, типы технологических связей, функциональные подсистемы. Основные свойства ХТС, состояние ХТС (надежность, безопасность, устойчивость, эффективность).

Анализ ХТС. Расчет ХТС – материальные и тепловые балансы. Формы представления балансов.

Синтез ХТС. Оптимальное соединение химических реакторов различного типа. Математические и эвристические методы синтеза ХТС.

Концепции энерго- и ресурсосбережения при синтезе ХТС:

- полное использование сырьевых ресурсов;
- минимизация отходов;
- полное использование энергетических ресурсов;
- оптимальное использование оборудования.

Характеристика приемов для реализации этих концепций.

### **2.2.3 Процессы и аппараты в фармацевтических технологиях**

#### **Раздел 1. Технологии и оборудования, используемые на фармацевтическом производстве**

Порошки как лекарственная форма. Технологии и оборудование для производства порошков. Основные стадии процессов сухого и влажного гранулирования. Механизмы влажной грануляции. Оборудование для гранулирования – грануляторы, сравнение их типов. Общие принципы совмещенных процессов. Преимущества и недостатки совмещенных процессов. Стадии технологического процесса производства мазей и применяемое оборудование. Способы приготовления эмульсий и суспензий. Стадии производства аэрозольных лекарственных форм.

#### **Раздел 2. Воды- и воздуха подготовка на фармацевтическом производстве**

Требования к качеству воды и воздуха на фармацевтических предприятиях. Оборудование для очистки воздуха. Технологии и оборудование используемые при водоподготовке.

### **3. Вопросы к вступительным испытаниям по магистерской программе «Цифровые технологии для химико-фармацевтических и биофармацевтических производств»**

Перечень вопросов вступительных испытаний включает вопросы по следующим учебным курсам, относящимся к базовой и вариативной частям профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» профиля «Цифровые технологии для химико-фармацевтических и биофармацевтических производств» (в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО)) по двум блокам:

Блок 1. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов и информационные системы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Блок 2. Процессы и аппараты в химической и фармацевтической технологиях

#### **Блок 1. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов и информационные системы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

1. Основные этапы математического моделирования. Виды математических моделей. Методы разработки и состав математического

описания ХТП.

2. Установление адекватности математических моделей.
3. Математические модели и этапы математического моделирования.
4. Классификация математических моделей по временному (стационарные, нестационарные, квазистационарные модели) и пространственному признаку (с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами, ячеечные модели).
5. Изучение химико-технологических процессов методом математического моделирования. Этапы математического моделирования.
6. Понятие системы, элемента системы, подсистемы, системообразующего фактора. Структура и свойства системы, иерархичность. Классификация систем. Функции системы и ее элементов. Привести примеры системы в химической технологии.
7. Понятие системного анализа. Принципы системного анализа.
8. Методы системного анализа и постановка целей системного анализа.
9. Понятие математической модели. Структура и свойства математических моделей.
10. Структура математического описания процессов химической технологии. Этапы математического моделирования. Блочный принцип построения математических моделей химико-технологических процессов.
11. Блочный принцип построения математических моделей. Отражение принципов системного анализа в блочном подходе к построению математических моделей.
12. Основные подходы к построению моделей реакторов и к решению проблемы моделирования однофазных химических процессов.
13. Основные подходы к построению моделей реакторов и к решению проблемы моделирования многофазных химических процессов.
14. Пакеты ASPEN как пример коммерческих пакетов для проектирования химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств. Состав пакетов ASPEN.
15. Проектирование технологических схем. HYSYS – как один из пакетов ASPEN. Примеры задач моделирования и проектирования химико-технологических процессов и схем.
16. Программный комплекс CHEMCAD для моделирования и расчета технологических схем.
17. Пакеты ANSYS для решения задач моделирования течения жидкостей и газов, межфазных взаимодействий и теплообменом методами вычислительной гидродинамики.
18. ANSYS Fluent – как один из пакетов ANSYS.
19. Решения ANSYS для механики деформируемого твердого тела. ANSYS Mechanical – как один из пакетов ANSYS.
20. Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации.

21. Методы интеллектуального анализа данных.
22. Методы интеллектуального анализа данных. Алгоритмы определения ассоциаций и последовательностей.
23. Интеллектуальный анализ данных- нечёткая логика.
24. Алгоритмы сбора и обработки данных, относящихся к контролю качества.
25. Статистическая обработка информации. Теории, средства, методы.
26. Информационные системы, используемые в фармацевтическом производстве, примеры.
27. Базы данных, используемые для открытия новых лекарственных средств. Примеры.
28. Системный анализ фармацевтического производства с точки зрения контроля качества.
29. Инструменты визуализации в автоматизированных системах управления технологическими процессами.
30. Инструменты визуализации в автоматизированных системах управления технологическими процессами.

## **Блок 2. Процессы и аппараты в химической и фармацевтической технологиях**

1. Вывод уравнения неразрывности. Какой вид имеет это уравнение при стационарном течении несжимаемой среды и при неустановившемся течении.
2. Вывод уравнения Навье – Стокса для одномерного движения. Каков физический смысл слагаемых?
3. Вывод дифференциальных уравнений Эйлера для течения идеальной жидкости. Чем отличается идеальная жидкость от реальной?
4. Вывод дифференциальных уравнений Эйлера для равновесия жидкости.
5. Характеристики и режимы течения жидкости по трубопроводу. Профили скоростей при различных режимах.
6. Вывод дифференциального уравнения конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа.
7. Вид уравнения для стационарного и нестационарного теплообмена.
8. Перенос тепла конвекцией. Уравнение теплоотдачи. Подобное преобразование дифференциального уравнения конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа. Критерии Фурье, Нуссельта, Пекле, Прандтля.
9. Теплоотдача и теплопередача: математическое описание, физический смысл коэффициентов, температурный градиент.
10. Тепловые балансы при изменении и без изменения фазового состояния теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока теплоносителей.
11. Соотношение между коэффициентами массопередачи и массоотдачи. Из каких уравнений получают коэффициенты массоотдачи?

12.Первый закон Фика. Вывести дифференциальное уравнение конвективной диффузии.

13.Вывести уравнения для расчета средней движущей силы массопередачи.

14.Расчет высоты и диаметра противоточных колонных аппаратов со ступенчатым контактом фаз.

15.Основное уравнение массопередачи. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массопередачи и массоотдачи. Их размерности и физический смысл.

16.Осаждение под действием силы тяжести. Силы, действующие на частицу. Вывести уравнения для определения скорости свободного осаждения шара.

17.Химический процесс. Классификация химических процессов. Иерархическая структура процесса и его математической модели для химического реактора.

18.Гомогенный химический процесс. Определение, примеры. Аналитические и графические зависимости скорости превращения от концентрации, степени превращения и температуры для простых необратимых реакций и для простых обратимых реакций.

19.Гетерогенный химический процесс “газ-жидкость”. Примеры. Структура и математическое описание процесса с медленной и быстрой реакцией.

20.Каталитический химический процесс. Определение катализа и катализатора.

21.Химические реакторы. Определение, классификация. Функциональные элементы реактора. Общий вид математической модели химического процесса в реакторе. Основные математические модели химических реакторов.

22.Реактор идеального вытеснения. Математическое описание изотермического и неизотермического процессов в реакторе.

23.Реактор идеального смешения непрерывного действия. Математическое описание изотермического и неизотермического процессов в реакторе.

24.Реактор идеального смешения периодического действия. Математическое описание изотермического и неизотермического процессов в реакторе.

25.Каскад реакторов идеального смешения. Аналитический и графический методы расчета каскада реакторов идеального смешения.

26.Явление тепловой устойчивости в химическом реакторе. Неоднозначность стационарных режимов. Способы управления тепловым режимом.

27.Типы сушек, применяемых в фармацевтическом производстве. Основное оборудование.

28. Сублимационная сушка: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.

29. Распылительная сушка для получения порошковых композиций: стадии, теоретические основы, применяемое оборудование. Приведите технологическую схему установки.

30. Оборудование для нанесения покрытий на таблетки, гранулы, гранулы.

31. Методы получения нано- и микрочастиц с использованием процессов распыления.

32. Принцип работы УЗ форсунок.

33. Принцип работы распылительной сушилки Buchi mini spray dryer b-290.

34. Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС). Понятие системы. Элементы ХТС, типы технологических связей, функциональные подсистемы, примеры. Показатели эффективности химического производства.

35. Синтез оптимальных схем реакторов. Сравнить параллельное и последовательное соединение реакторов идеального вытеснения и идеального смешения.

36. Анализ ХТС. Материальные и тепловые балансы как основа расчета ХТС. Общие правила составления балансов. Формы представления балансов.

37. Концепции синтеза ХТС. Оптимальное использование оборудования. Гибкие ХТС. Характеристика приёмов для реализации концепции синтеза ХТС. Примеры.

38. Типы воды, используемой для фармацевтических нужд. Способы очистки воды.

39. Технологии и оборудование для получения жидких лекарственных форм.

40. Дистилляция. Принцип получения дистиллированной воды. Виды процесса дистилляции.

#### **4. Рекомендуемая литература**

**По блоку 1. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов и информационные системы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Основная:**

1. Ахназарова, С. Л. Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов с неполной информацией о механизме [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Л. Ахназарова, Л. С. Гордеев, М. Б. Глебов. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 100 с.

2. Макаров, В. В. Многокритериальная оптимизация ассортимента и качества химической продукции : учебное пособие / В. В. Макаров, Ю. В. Сбоева. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2014. – 100 с.

3. Н.В. Меньшутина, А.В. Матасов. Современные информационные системы хранения данных, обработки и анализа данных для предприятий химической и смежных отраслей – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 308с.

**Дополнительная:**

1. Кафаров, В.В., Глебов, М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с: [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/174347/> (дата обращения: 14.03.2019 г.)

2. Дударов, С.П. Вычислительные методы обработки экспериментальных данных [Текст] : учеб.-метод. пособие / С. П. Дударов, А. Н. Шайкин, А. Ф. Егоров. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. – 52 с.

3. Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов [Текст] : учебное пособие для вузов / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – М. : ИКЦ "Академкнига", 2006. – 415 с.

4. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://subscribe.ru/group/nauchno-tehnicheskaja-biblioteka/2322225/> (дата обращения 12.05.2019).

5. Писаренко, Е. В. Теория планирования эксперимента [Текст] : учебное пособие / Е. В. Писаренко, В. Н. Писаренко. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 71 с.

6. Бояринов А. И., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химической технологии. – М. : Химия, 1975. – 576 с.

7. Шайкин А.Н. Практические основы линейной оптимизации: учеб. пособие / под ред. А.Ф. Егорова. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 144с.

8. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. Учебник для вузов-М.: Химия, 1991.-432 с.: ил. [Электронный ресурс]: – Режим доступа <http://moodle.milrti.ru/mod/resource/view.php?id=836> (Дата обращения 12.05.2019).

9. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии/ В. В. Кафаров. – М. : Химия, 1984.

10. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Т.1. Основы стратегии / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов. – М. : Наука, 1976.

11. Писаренко, Е. В. Промышленные каталитические процессы. Структуры и свойства твердых катализаторов : учебное пособие / Е. В. Писаренко. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. - 135 с.

## **По блоку 2. Процессы и аппараты в химической и фармацевтической технологиях**

### **Основная:**

1. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] учебное пособие / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент; ред. Ю. А. Комиссаров. – М. : Химия, 2011. – 1229 с.

2. Красавин, А. В. Общая химическая технология [Текст]: учебное пособие / А. В. Красавин, Т. А. Тарасенко, В. С. Бесков. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010 – Ч.1 : Химические процессы и реакторы. – 2010. – 123 с.

3. Общая химическая технология в вопросах и ответах [Текст] : учебное пособие / сост.: В. С. Бесков, В. И. Ванчурин, В. И. Игнатенков. – М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011 – Ч.1. – 2011. – 82 с.

4. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. – Т.1. – М.: Издательство БИНОМ, 2012- 328 с.

5. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В., Гордиенко М.Г., Гусева Е.В., Троянkin А.Ю. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. – Т.2. – М.: Издательство БИНОМ, 2013- 480 с.

### **Дополнительная:**

1. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учебник для вузов: В 2 ч. / Ю.И. Дытнерский. – 3-е изд. – М. : Химия.– Ч.1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты : рекомендовано Мин. образования. – 2002. – 400 с.

2. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учебник для вузов: В 2 ч. / Ю.И. Дытнерский. – М. : Химия. – Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты : рекомендовано Мин.образования. – 2002. – 368 с.

3. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / ред. Ю. И. Дытнерский. – 4-е изд., стер., Перепеч. с изд. 1991г. – М. : Альянс, 2008. – 493 с.

4. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – 11-е изд., стер. Перепечатка с изд. 1987 г. – М. : РусМедиаКонсалт, 2004. – 576 с.

5. Бесков, В. С. Общая химическая технология : учебник для вузов / В. С. Бесков. – М. : Академкнига, 2005.