

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»  
Институт сельского хозяйства и природных ресурсов  
Кафедра фундаментальной и прикладной химии



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИСХПР

Т.В. Вобликова  
«29» 01 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
учебной дисциплины  
**Системы управления химико-технологическими процессами**

для специальности  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
Направленность (профиль)  
Химия и технология удобрений

СОГЛАСОВАНО  
Начальник ООД ИСХПР  
«28» 01 2020 г. Л.П. Семкив

Разработал  
старший преподаватель кафедры ФПХ  
«21» 01 2020 г. В.А. Исаков  
зав. кафедрой ФПХ, д.х.н.  
«21» 01 2020 г. И.В. Зыкова

Принято на заседании кафедры  
протокол № 5  
от «27» 01 2020 г.

Заведующий кафедрой ФПХ  
«27» 01 2020 г. И.В. Зыкова

## **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Цель освоения учебной дисциплины: формирование компетентности студентов в области решения задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и вычислительных средств.

Задачи:

1. изучение основных методов математического моделирования, анализа и синтеза автоматических систем регулирования;
2. ознакомление с основными функциями АСУ ТП и техническими средствами, применяемыми при построении автоматических и автоматизированных систем управления, включая ЭВМ и микропроцессорную технику;
3. закрепление основных знаний по автоматизации производственных процессов.

## **2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП**

Учебная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана основной профессиональной образовательной программы специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и направленности (профилю) Химия и технология удобрений (далее – ОПОП). В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин (модулей, практик): математика, физика, информатика, вычислительные методы в химии, химическая технология, теоретические основы технологии неорганических веществ и материалов, процессы и аппараты химических производств, технология минеральных удобрений и солей. Освоение учебной дисциплины является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик): преддипломная практика.

## **3 Требования к результатам освоения учебной дисциплины**

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебной дисциплины:

*Профессиональные компетенции:*

ПК-7 Ведение технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений;

ПК-8 Управление персоналом, контроль выполнения задач аппаратчиками в рамках ведения технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений;

ПК-9 Организация работ по анализу рекламаций, изучению причин возникновения дефектов и нарушений технологии производства, снижению качества работ, выпуска брака и продукции пониженных сортов, по разработке предложений по их устранению.

Таблица 1 – Результаты освоения учебной дисциплины

| <i>Код и наименование компетенции</i>                                                                                                                                                                                                      | <i>Результаты освоения учебной дисциплины<br/>(индикаторы достижения компетенций)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-7 Ведение технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений                                                                                                       | <b>ПК-7.1 Знать</b> нормы расхода сырья, материалов и энергоресурсов, а также нормы выхода продуктов и полупродуктов производства, контролируемые параметры технологического процесса и их нормы, допустимые параметры сбросов и выбросов отработанных сред, факторы, влияющие на параметры в технологических процессах производств основных неорганических веществ, удобрений и азотных соединений | <b>ПК-7.2 Уметь</b> осуществлять контроль работы средств контрольно-измерительных приборов и автоматики, противоаварийной защиты, систем сигнализации и противоаварийных блокировок и средств пожаротушения и работоспособности охранной пожарной сигнализации | <b>ПК-7.3 Владеть</b> способами выявления причин возникновения отклонений от технологического процесса и способами их устранения                                                                                           |
| ПК-8 Управление персоналом, контроль выполнения задач аппаратчиками в рамках ведения технологических процессов при производстве основных неорганических веществ, производстве удобрений и азотных соединений                               | <b>ПК-8.1 Знать</b> требования, предъявляемые к квалификации персонала для выполнения задач в рамках ведения технологического процесса и основы управления персоналом.                                                                                                                                                                                                                              | <b>ПК-8.2 Уметь</b> координировать работу персонала при подготовке, пуске и ведении технологических процессов в производствах основных неорганических веществ, удобрений и азотных соединений                                                                  | <b>ПК-8.3 Владеть</b> методами управления персоналом, контроля выполнения задач аппаратчиками в рамках ведения технологических процессов при производствах основных неорганических веществ, удобрений и азотных соединений |
| ПК-9 Организация работ по анализу рекламаций, изучению причин возникновения дефектов и нарушений технологии производства, снижению качества работ, выпуска брака и продукции пониженных сортов, по разработке предложений по их устранению | <b>ПК-9.1 Знать</b> национальную и международную нормативную базу в области управления качеством продукции (услуг), методы анализа продукции (услуг) при эксплуатации и управления качеством при эксплуатации продукции (услуг)                                                                                                                                                                     | <b>ПК-9.2 Уметь</b> осуществлять анализ рекламаций и претензий, поступающих от потребителей, анализ причин возникновения дефектов продукции (процессов) при эксплуатации продукции (услуг).                                                                    | <b>ПК-9.3 Владеть</b> методами разработки корректировочных мероприятий по устранению дефектов, выявляемых при эксплуатации продукции (услуг), а также причин их возникновения                                              |

## 4 Структура и содержание учебной дисциплины

### 4.1 Трудоемкость учебной дисциплины

#### 4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения:

Таблица 2 – Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

| Части учебной дисциплины (модуля)                                     | Всего | Распределение по семестрам |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------|
|                                                                       |       | 9 семестр                  |
| 1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ) | 6     | 6                          |
| 2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)            | 140   | 140                        |
| 3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>          | 0     | 0                          |
| 4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)                       | 40    | 40                         |
| 5. Промежуточная аттестация (экзамен) (АЧ)                            | 36    | 36                         |

### 4.2 Содержание учебной дисциплины

#### Раздел 1. Автоматизированный контроль технологических параметров

##### 1.1 Введение

Перспективы и значение автоматизации в повышении эффективности производства.

Основные понятия и определения технической кибернетики. Локальные системы автоматического управления. Понятие об автоматизированных системах управления (АСУ), их классификация. Роль человека-оператора и вычислительной техники в АСУ.

1.2 Элементы метрологии и техники измерений, функциональная структура измерительной системы

Основные требования к измерительным приборам. Понятия о точности измерительных приборов: погрешности измерительных приборов. Температурные шкалы. Термометры расширения. Манометрические термометры. Термоэлектрические термометры: первичные преобразователи, милливольтметры и потенциометры. Термометры сопротивления: первичные преобразователи, мосты. Пирометры излучения. Системы дистанционного измерения. Виды преобразователей и систем передачи сигналов. Контроль давления и разрежения. Жидкостные, деформационные и электрические манометры.

##### 1.3 Измерение расхода и количества вещества

Расходомеры переменного перепада давления, электромагнитные. Счетчики для жидкостей и газов. Уровнемеры для жидких и сыпучих сред: поплавковые, гидростатические, радиоизотопные. Контроль состава и физических свойств веществ. Газоанализаторы: термомагнитные, термохимические, термокондуктометрические, оптико-абсорбционные. Методы измерения концентрации растворов: кондуктометрический метод (контактные и бесконтактные низкочастотные приборы). Измерения вязкости. Вискозиметры истечения и ротационные. Измерение влажности газов и сыпучих материалов. Психометрический и кондуктометрический методы. Метод точки росы.

#### Раздел 2. Автоматические системы регулирования

##### 2.1 Задача автоматического регулирования

Основные понятия и определения. Регулирование по отклонению и по возмущению; комбинированные системы. Понятие обратной связи. Функциональная структура замкнутой автоматической системы регулирования (АСР). Стабилизирующие, программные и следящие АСР.

## 2.2 Математическое описание АСР и их элементов.

Уравнение статистики и динамики. Понятие о линейных и нелинейных элементах. Линеаризация математических моделей реальных элементов АСР. Преобразования Лапласа. Динамические характеристики линейных элементов: передаточные и переходные функции. Математические модели объектов. Экспериментальное определение характеристик технологических объектов регулирования.

## 2.3 Способы соединения элементов АСР

Последовательное, параллельное и соединение по принципу обратной связи. Уравнения и передаточные функции АСР. Типовые звенья (усилительное, апериодическое, интегрирующее, колебательное), их динамические характеристики (уравнения, передаточные и переходные функции, частотные характеристики). Нетиповые звенья, их динамические характеристики.

## 2.4 Автоматические регуляторы

Функциональная структура регулятора. Классификация регуляторов. Законы регулирования. Регуляторы непрерывного действия (пропорциональный, интегральный, пропорционально-интегральный), их динамические характеристики и основные свойства. Регуляторы дискретного действия (позиционные). Исполнительные механизмы и регулирующие органы.

# Раздел 3. Современная реализация АСУ ТП, SCADA- системы

## 3.1 Концепция SCADA

Компоненты систем контроля и управления и их назначение. Графический интерфейс. Организация взаимодействия с контроллерами. Использование HART- протокола для обмена данными. Аппаратная реализации связи с устройствами ввода/вывода. Тренды в SCADA – системах. Примеры технических решений систем диспетчерского контроля.

## 4.3 Трудоемкость разделов учебной дисциплины и контактной работы

Таблица 3 – Трудоемкость разделов учебной дисциплины

| №  | Наименование разделов (тем) учебной дисциплины, наличие КП/КР    | Контактная работа (в АЧ) |           |          |            | Внеауд. СРС (в АЧ) | Формы текущего контроля |
|----|------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|----------|------------|--------------------|-------------------------|
|    |                                                                  | Аудиторная               |           |          | В т.ч. СРС |                    |                         |
|    |                                                                  | ЛЕК                      | ПЗ        | ЛР       |            |                    |                         |
| 1. | Раздел 1. Автоматизированный контроль технологических параметров | 30                       | 30        | 0        | 5          | 16                 | РГР1, РГР2, РГР3        |
| 2. | Раздел 2. Автоматические системы регулирования                   | 30                       | 30        | 0        | 5          | 16                 | РГР4                    |
| 3. | Раздел 3. Современная реализация АСУ ТП, SCADA- системы          | 10                       | 10        | 0        | 2          | 8                  | РГР5                    |
|    | Промежуточная аттестация                                         | экзамен                  |           |          |            |                    |                         |
|    | <b>ИТОГО</b>                                                     | <b>70</b>                | <b>70</b> | <b>0</b> | <b>12</b>  | <b>40</b>          |                         |

## 4.4 Лабораторные работы и курсовые работы/курсовые проекты

### 4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

### 4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовые работы/курсовые проекты не предусмотрены учебным планом

## 5 Методические рекомендации по организации освоения учебной дисциплины

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

| №  | Темы лекционных занятий (форма проведения)                                                                       | Трудоем-<br>кость в АЧ |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|    | Раздел 1. Автоматизированный контроль технологических параметров                                                 |                        |
| 1. | 1.1 Введение (лекция-презентация)                                                                                | 2                      |
| 2. | 1.2 Элементы метрологии и техники измерений, функциональная структура измерительной системы (лекция-презентация) | 14                     |
| 3. | 1.3 Измерение расхода и количества вещества (лекция-презентация)                                                 | 14                     |
|    | Раздел 2. Автоматические системы регулирования                                                                   |                        |
| 4. | 2.1 Задача автоматического регулирования (лекция-презентация)                                                    | 6                      |
| 5. | 2.2 Математическое описание АСР и их элементов (лекция-презентация)                                              | 8                      |
| 6. | 2.3 Способы соединения элементов АСР (лекция-презентация)                                                        | 8                      |
| 7. | 2.4 Автоматические регуляторы (лекция-презентация)                                                               | 8                      |
|    | Раздел 3. Современная реализация АСУ ТП, SCADA- системы                                                          |                        |
| 8. | 3.1 Концепция SCADA (лекция-презентация)                                                                         | 10                     |
|    | <b>ИТОГО</b>                                                                                                     | <b>70</b>              |

Таблица 5 – Методические рекомендации по организации практических занятий

| №  | Темы практических занятий (форма проведения)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Трудоем-<br>кость в АЧ |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. | Системы автоматизации гидромеханических процессов: типовые схемы автоматизации насосных и компрессорных установок, автоматизация процесса смешения жидкостей (выполнение расчетно-графических работ)                                                                                                                                                                                                                            | 20                     |
| 2. | Системы автоматизации тепловых процессов: задача управления теплообменниками смешения, основные схемы автоматизации, автоматизация кожухотрубчатых теплообменников, типовые схемы автоматизации, задача автоматизации испарителей и конденсаторов, типовые схемы автоматизации топочных процессов, регулирование процессов в огненных теплообменниках (печах) (выполнение расчетно-графических работ)                           | 25                     |
| 3. | Системы автоматизации массообменных процессов: задача управления массообменными процессами, особенности управления ректификационными установками, системы управления абсорбционными установками, системы управления адсорбционными установками, управление процессами в барабанных сушилках, управление процессами в сушилках кипящего слоя, управление процессами в реакторах смешения (выполнение расчетно-графических работ) | 25                     |
|    | <b>ИТОГО</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>70</b>              |

## 6 Фонд оценочных средств учебной дисциплины

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

## 7 Условия освоения учебной дисциплины

### 7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методического обеспечение учебной дисциплины представлено в Приложении

Б.

## 7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

| №                                        | Требование к материально-техническому обеспечению | Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения                              |             |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.                                       | Наличие специальной аудитории                     | аудитория для проведения лекционных и/или практических занятий: учебная мебель (столы, стулья, доска) |             |
| 2.                                       | Мультимедийное оборудование                       | Проектор, компьютер, экран                                                                            |             |
| 3.                                       | Программное обеспечение                           |                                                                                                       |             |
| Наименование программного продукта       |                                                   | Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)                                 | Дата выдачи |
| Microsoft Windows 7 Professional         |                                                   | Dreamspark (Imagine)<br>№ 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212                                        | 30.04.2015  |
| Microsoft Windows 10 for Educational Use |                                                   | Dreamspark (Imagine)<br>№ 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212                                        | 30.04.2015  |
| Microsoft Office 2013 Standard           |                                                   | Open License № 62018256                                                                               | 31.07.2016  |
| Подписка Microsoft Office 365            |                                                   | свободно распространяемое для вузов                                                                   | -           |
| Adobe Acrobat                            |                                                   | свободно распространяемое                                                                             | -           |
| Zoom                                     |                                                   | свободно распространяемое                                                                             | -           |
| Skype                                    |                                                   | свободно распространяемое                                                                             | -           |

Приложение А  
**Фонд оценочных средств учебной дисциплины**  
**Системы управления химико-технологическими процессами**

### 1 Структура фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств состоит из двух частей:

а) открытая часть - общая информация об оценочных средствах (название оценочных средств, проверяемые компетенции, баллы, количество вариантов заданий, методические рекомендации для применения оценочных средств и пр.), которая представлена в данном документе, а также те вопросы и задания, которые могут быть доступны для обучающегося;

б) закрытая часть - фонд вопросов и заданий, которая не может быть заранее доступна для обучающихся (экзаменационные билеты, вопросы к контрольной работе и пр.) и которая хранится на кафедре.

### 2 Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

Таблица А.1 – Перечень оценочных средств текущего контроля и форм промежуточной аттестации

| №                               | Оценочные средства для текущего контроля | Разделы (темы) учебной дисциплины                                                                                                                                                  | Баллы      | Проверяемые компетенции |
|---------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------|
| 1.                              | Расчетно-графическая работа 1            | Раздел № 1.1 Введение                                                                                                                                                              | 50         | ПК-7,<br>ПК-8,<br>ПК-9  |
| 2.                              | Расчетно-графическая работа 2            | Раздел № 1.2 Элементы метрологии и техники измерений, функциональная структура измерительной системы                                                                               | 50         |                         |
| 3.                              | Расчетно-графическая работа 3            | Раздел № 1.3 Измерение расхода и количества вещества                                                                                                                               | 50         |                         |
| 4.                              | Расчетно-графическая работа 4            | Раздел № 2.1 Задача автоматического регулирования                                                                                                                                  | 50         |                         |
| 5.                              | Расчетно-графическая работа 5            | Раздел № 2.2 Математическое описание АСР и их элементов<br>Раздел № 2.3 Способы соединения элементов АСР<br>Раздел № 2.4 Автоматические регуляторы<br>Раздел № 3.1 Концепция SCADA | 50         |                         |
| <b>Промежуточная аттестация</b> |                                          |                                                                                                                                                                                    |            |                         |
|                                 | Экзамен                                  |                                                                                                                                                                                    | 50         |                         |
|                                 | <b>ИТОГО</b>                             |                                                                                                                                                                                    | <b>300</b> |                         |

### 3 Рекомендации к использованию оценочных средств

Таблица А.2 – Расчетно-графическая работа

| Критерии оценки                           | Количество вариантов заданий |
|-------------------------------------------|------------------------------|
| Полнота и правильность выполнения задания | 10                           |

Пример расчетно-графической работы 1:

- Вычислите значение выражения при заданных значениях переменных.
- Вычислите определитель, транспонированную матрицу и обратную матрицу матрицы А. Проверьте правильность вычисления обратной матрицы умножением  $AA^{-1}$ .
- Для данной Вам функции:  
- постройте график в указанном диапазоне переменной;

- найдите по графику значение функции, в указанной точке;
  - выполните дифференцирование функции в символьном виде.
4. Найдите корни алгебраического уравнения графическим методом. Проверьте правильность вычисления непосредственной подстановкой. Выполните задание с помощью функций root и find.
5. Решите систему двух алгебраических уравнений двумя способами: графически и с помощью функции find.

Таблица А.3 – Экзамен

| <i>Критерии оценки</i>                                                               | <i>Количество вариантов заданий</i> | <i>Количество вопросов</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Тест: количество правильных ответов на вопросы (1 вопрос – 1 балл)                   | 10                                  | 10                         |
| Теоретический вопрос: полнота и правильность ответа на вопрос (1 вопрос – 15 баллов) | 10                                  | 2                          |

**Пример экзаменационного билета:**

**Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого**  
Кафедра фундаментальной и прикладной химии

**Учебный модуль:** Системы управления химико-технологическими процессами  
**Для специальности** 04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия  
**Направленность (профиль)** – Химия и технология удобрений

**Экзаменационный билет №0**

Пример теста (фрагмент):

1. Большие системы однозначно определяются свойствами процесса и ограничены одним типовым процессом, его внутренними связями, а также особенностями аппаратного оформления.
    - a. Верно
    - б. Неверно
  2. Математическое моделирование при расчете равновесия «жидкость-жидкость» применяется для решения следующих задач:
    - расчет состава пара и температуры смеси по известному составу жидкости и давлению;
    - расчет состава пара и давления по составу жидкости и температуре;
    - определение состава жидкости по составу пара при известном давлении;
    - определение состава жидкости по составу пара при известной температуре.
    - a. Верно
    - б. Неверно
  3. Процесс, в котором изменение определяющих величин происходит беспорядочно и часто - дискретно называется:
    - a. гидродинамическим
    - б. детерминированным
    - с. стохастическим
    - d. диффузионным
  4. Сопоставьте термин с его определением
    - А. Динамическая характеристика объекта
    - Б. Модель с распределенными параметрами
    - В. Модель с сосредоточенными параметрами
    - Г. Статическая характеристика объекта
- Варианты ответов:
1. переменные процесса изменяются во времени
  2. уравнение, определяющее зависимость выходных параметров объекта от входных параметров в установившемся режиме

3. параметры процесса изменяются только во времени  
4. уравнение, устанавливающее зависимость изменения во времени выходной величины от вариации входных возмущающих параметров  
5. для непрерывной функции  $F = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , имеющей непрерывные производные первого и второго порядков по всем переменным  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ), необходимым условием экстремума в точке  $x_i$  служит равенство нулю частных производных по всем переменным
- а. Верно                                      б. Неверно

Примеры теоретических вопросов:

1. Математическая модель процесса. Основные группы параметров моделей. Возможные постановки задачи расчета процессов и аппаратов по модели.
2. Типовые модели структуры потоков вещества в аппаратах, целесообразность их применения. Зависимость формы уравнений математического описания аппарата от выбранной модели гидродинамической структуры потоков.
3. Модели идеального вытеснения и смешения. Основные допущения и области применения. Вывод уравнений моделей.
4. Ячеечная модель структуры потоков вещества, ее математическое описание. Области применения модели.
5. Формальное описание кинетики химического взаимодействия. Материальный баланс. Закон действующих масс. Составление и решение кинетических уравнений для простой и сложной химической реакции на примере реакций  $A_1 + A_2 \rightarrow 2A_3$  и  $A_1 + A_2 \leftrightarrow 2A_3$ .
6. Математическое описание химических реакторов на базе модели идеального смешения. Составить уравнения модели на примере реакции  $A_1 + A_2 \leftrightarrow 2A_3$ . Особенности решения систем уравнений.
7. Математическое описание химических реакторов на базе модели идеального вытеснения. Составить уравнения модели на примере реакции  $A_1 + A_2 \leftrightarrow 2A_3$ . Особенности решения систем уравнений.
8. Постановка задачи расчета теплообменных аппаратов. Зависимость математического описания аппарата от принятой модели структуры потоков.
9. Моделирование теплообменной аппаратуры на основе модели идеального вытеснения (прямоточная и противоточная схема).
10. Оценка выходных температур теплоносителей в теплообменной аппаратуре на основе модели смешения и ячейочной. Особенности решения систем уравнений.
11. Общая постановка задачи аппроксимации. Оценка коэффициентов эмпирических моделей. Программные средства реализации задачи.
12. Предложите математическое описание трубчатого химического реактора, в котором протекает экзотермическая реакция с известным тепловым эффектом, с теплоотводом через известную поверхность теплопередачи (например, аппарат типа «труба в трубе»). Зависимость константы скорости реакции от температуры подчиняется уравнению Аррениуса. Реакция  $A_1 + A_2 \rightarrow 2A_3$ .
13. Метод наименьших квадратов и его применение.
14. Понятие о регрессионном анализе и его применение.
15. Понятие о корреляционном анализе и его применение.
16. Понятие о полном и дробном факторном эксперименте и его применение.
17. Общая постановка задачи оптимизации. Требование к критерию оптимальности. Характеристики оптимизирующих переменных.
18. Численные методы оптимизации. Постановка экстремальной задачи при наличии ограничений.
19. Современные достижения в области математического моделирования, оптимизации и управления процессами в химической технологии.
20. Развитие методов и средств автоматизированного эксперимента и проектирования.

Приложение Б  
(обязательное)

**Карта учебно-методического обеспечения учебной дисциплины  
Системы управления химико-технологическими процессами**

Таблица Б.1 – Основная литература

| Библиографическое описание издания<br>(автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Кол. экз. в<br>библ. НовГУ | Наличие в<br>ЭБС |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|
| <b>Печатные источники</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                            |                  |
| 1 Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов : учеб. для вузов / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. - 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург. : Лань, 2013. - 447, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов, Специальная литература). - Библиогр. в конце гл. - Указ.: с. 440-446. - Доступ к электрон. версии этой кн. на <a href="http://www.e.lanbook.com">www.e.lanbook.com</a> . - ISBN 978-5-8114-1478-9 : (в пер.) | 10                         |                  |
| 2 Советов Б. Я. Моделирование систем : учеб. для вузов. - 6-е изд., стер. - Москва : Высшая школа, 2009. - 342,[2]с. : ил. - Библиогр.:с.340-341. - ISBN 978-5-06-006173-4 : (в пер.)                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 15                         |                  |
| 3 Советов Б. Я. Моделирование систем. Практикум : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., стер. - Москва : Высшая школа, 2009. - 294,[2]с. : ил. - Библиогр.: с. 292. - Прил.: с. 278-291. - ISBN 978-5-06-006133-8 : (в пер.)                                                                                                                                                                                                                                                       | 15                         |                  |
| <b>Электронные ресурсы</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                  |
| 1 Федоров, А. Ф. Системы управления химико-технологическими процессами : учебное пособие / А. Ф. Федоров, Е. А. Кузьменко. — 2-е изд. — Томск : ТПУ, 2015. — 224 с. — ISBN 978-5-4387-0552-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/82833">https://e.lanbook.com/book/82833</a> (дата обращения: 21.01.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                                  |                            | ЭБС Лань         |
| 2 Гаврилов, А. Н. Системы управления химико-технологическими процессами : учебное пособие : в 2 частях / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — Воронеж : ВГУИТ, [б. г.]. — Часть 1 — 2014. — 220 с. — ISBN 978-5-00032-042-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/72909">https://e.lanbook.com/book/72909</a> (дата обращения: 21.01.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                       |                            | ЭБС Лань         |
| 3 Гаврилов, А. Н. Системы управления химико-технологическими процессами. В 2 ч. Ч. 2 : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — Воронеж : ВГУИТ, 2014. — 204 с. — ISBN 978-5-00032-044-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/72910">https://e.lanbook.com/book/72910</a> (дата обращения: 21.01.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                            |                            | ЭБС Лань         |

Новгородский государственный  
университет им. Ярослава Мудрого  
Научная библиотека  
Сектор учета

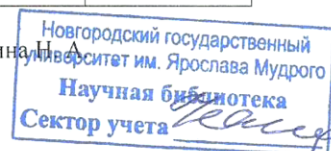
Таблица Б.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

| Название программного продукта, интернет-ресурса                                                                                                                                            | Электронный адрес                    | Примечание |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» <a href="https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/">https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/</a> | Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014     | бессрочный |
| Электронный каталог научной библиотеки <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>                                                                      | База собственной генерации           | бессрочный |
| База данных «Аналитика» (картотека статей) <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>                                                                  | База собственной генерации           | бессрочный |
| Национальная электронная библиотека (НЭБ) <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>                                                                                               | Договор № 101/НЭБ/2338 от 01.09.2017 | 31.08.2022 |
| ЭБС «Лань» с ООО «ЭБС ЛАНЬ» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                                                                                                     | Договор № 72/ЕП(У)19 от 25.12.2019   | 10.01.2021 |
| Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина <a href="https://www.prilib.ru/">https://www.prilib.ru/</a>                                                                                      | в открытом доступе                   | -          |
| База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>                                                                              | в открытом доступе                   | -          |
| База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>                                                               | в открытом доступе                   | -          |
| База данных спектров органических соединений <a href="https://sdb.sdb.aist.go.jp/">https://sdb.sdb.aist.go.jp/</a>                                                                          | в открытом доступе                   | -          |

Таблица Б.3 – Дополнительная литература

| Библиографическое описание издания<br>(автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)                                                                                                                                                                                                                                                                  | Кол. экз. в<br>библ. НовГУ | Наличие в<br>ЭБС |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|
| Печатные источники                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |                  |
| 1 Моделирование случайных величин : метод. указания / сост. Н. Ю. Кропачева, А. С. Тихомиров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2004. - 47, [1] с. - Библиогр.: с. 44-46.                                                                                                                                                            | 10                         |                  |
| 2 Бочкарев В. В. Оптимизация химико-технологических процессов : учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры : для вузов / В. В. Бочкарев ; Нац. исслед. Томск. политехн. ун-т. - Москва : Юрайт, 2016. - 263, [1] с. : ил. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 263, в конце гл. - Кн. доступна в ЭБС biblio-online.ru. - ISBN 978-5-9916-6546-9 : (в пер.) | 1                          |                  |
| 3 Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем : учеб. для вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск : Дизайн ПРО, 2004. - 639с. : ил. - Библиогр.: с. 620-622. - Указ.: с. 623-632. - ISBN 985-452-080-3 : (в пер.)                                                                                                                                | 1                          |                  |

Проверено НБ НовГУ. Калинин Н.А.



Приложение В  
(обязательное)

**Лист актуализации рабочей программы учебной дисциплины  
Системы управления химико-технологическими процессами**

Рабочая программа актуализирована на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 30 » 06 20 20 г.

Разработчик: Судачев / В.А. Исачков

Зав. кафедрой Пчелина Е.А.

Рабочая программа актуализирована на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 30 » 06 20 21 г.

Разработчик: Судачев / В.А. Исачков

Зав. кафедрой Пчелина Е.А.

Рабочая программа актуализирована на 2022/2023 учебный год.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Разработчик: \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа актуализирована на 2023/2024 учебный год.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Разработчик: \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа актуализирована на 2024/2025 учебный год.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Разработчик: \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа актуализирована на 2025/2026 учебный год.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Разработчик: \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:**

| Номер изменения | № и дата протокола заседания кафедры | Содержание изменений                   | Зав. кафедрой | Подпись                                                                               |
|-----------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Протокол №1 от 30.06.2021            | Актуализация таблицы Б.2, Приложение Б | Пчелина Е.А.  |  |
|                 |                                      |                                        |               |                                                                                       |
|                 |                                      |                                        |               |                                                                                       |
|                 |                                      |                                        |               |                                                                                       |
|                 |                                      |                                        |               |                                                                                       |
|                 |                                      |                                        |               |                                                                                       |

## Содержание изменений:

1 Содержание изменений при актуализации рабочей программы на 2021-2022 учебный год (протокол № 11 заседания кафедры от 30.06.2021):

таблицу Б.2 Приложения Б изложить в следующей редакции:

Таблица Б.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

| Название программного продукта, интернет-ресурса                                                                                                                                            | Электронный адрес                    | Примечание |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» <a href="https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/">https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/</a> | Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014     | бессрочный |
| Электронный каталог научной библиотеки <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>                                                                      | База собственной генерации           | бессрочный |
| База данных «Аналитика» (картотека статей) <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>                                                                  | База собственной генерации           | бессрочный |
| Национальная электронная библиотека (НЭБ) <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>                                                                                               | Договор № 101/НЭБ/2338 от 01.09.2017 | 31.08.2022 |
| ЭБС «Лань» с ООО «ЭБС ЛАНЬ» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                                                                                                     | Договор № 04/ЕП(У)21 от 17.03.2021   | 11.01.2022 |
| Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина <a href="https://www.prlib.ru/">https://www.prlib.ru/</a>                                                                                        | в открытом доступе                   | -          |
| База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>                                                                              | в открытом доступе                   | -          |
| База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>                                                               | в открытом доступе                   | -          |
| База данных спектров органических соединений <a href="https://sdb.sdb.aist.go.jp/">https://sdb.sdb.aist.go.jp/</a>                                                                          | в открытом доступе                   |            |

## Приложение В

### Лист актуализации рабочей программы учебной дисциплины (модуля) «Системы управления химико-технологическими процессами»

Рабочая программа актуализирована на 2022/2023 учебный год.

Протокол № 9/1 заседания кафедры от «06» июня 2022 г.

Разработчик: Исаков В.А. / В.А. Исаков

Зав. кафедрой: Исаков В.А. / В.А. Исаков

#### Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:

| Номер изменения | № и дата протокола заседания кафедры                                            | Содержание изменений                                                                             | Зав. кафедрой | Подпись                                                                             |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Протокол 9/1 заседания кафедры фундаментальной и прикладной химии от 06.06.2022 | Актуализация п. 7.2 Материально-техническое обеспечение; Актуализация таблицы Б.3, Приложение Б. | Исаков В.А.   |  |

#### Содержание изменений:

1 Содержание изменений при актуализации рабочей программы на 2022-2023 учебный год (протокол заседания кафедры № 9/1 от 06.06.2022):

- Пункт 7.2 Материально-техническое обеспечение учебного модуля изложить в следующей редакции:

7.2 Материально-техническое обеспечение учебного модуля (в части программного обеспечения)

| Наименование программного продукта                                                                    | Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное) | Дата выдачи |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| Microsoft Windows 7 Professional Dreamspark (Imagine)                                                 | №370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212                                 | 30.04.2015  |
| Microsoft Windows 10 for Educational Use Dreamspark (Imagine)                                         | № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212                                | 30.04.2015  |
| Microsoft Office 2013 Standard Open                                                                   | № 62018256                                                            | 31.07.2016  |
| Подписка Microsoft Office 365                                                                         | свободно распространяемое для вузов                                   | -           |
| ABBYY FineReader PDF 15 Business. Версия для скачивания                                               | №236/ЕП(Б)21-ВБ                                                       | 26.10.2021  |
| Acronis Защита Данных для рабочей станции, Acronis Защита Данных. Расширенная для физического сервера | №210/ЕП (У)20-ВБ, Ах000369127                                         | 03.11.2020  |
| Антиплагиат. Вуз.                                                                                     | №3341/12/ЕП(У)21-ВБ                                                   | 29.01.2021  |
| Adobe Acrobat                                                                                         | свободно распространяемое                                             | -           |
| Teams                                                                                                 | свободно распространяемое                                             | -           |
| Skype                                                                                                 | свободно распространяемое                                             | -           |
| Zoom                                                                                                  | свободно распространяемое                                             | -           |

- Таблицу Б.3 Приложения Б изложить в следующей редакции:

| Наименование ресурса                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Договор                              | Срок договора |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| <b>Профессиональные базы данных</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                      |               |
| База данных электронной библиотечной системы вуза «Электронный читальный зал-БиблиоТех» <a href="https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/">https://www.novsu.ru/dept/1114/bibliotech/</a>                                                                                                                                                                                                                    | Договор № БТ-46/11 от 17.12.2014     | бессрочный    |
| Электронный каталог научной библиотеки <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | База собственной генерации           | бессрочный    |
| База данных «Аналитика» (картотека статей) <a href="http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/">http://mars.novsu.ac.ru/MarcWeb/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | База собственной генерации           | бессрочный    |
| База данных «Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» <a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>                                                                                                                                                                                                                                                                               | Договор № 56/ЕП(У)21 от 17.12.2021   | 31.12.2022    |
| Электронная библиотечная система «IPRsmart» <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Договор № 8658/21П от 24.03.2022     | 31.12.2022    |
| Электронная база данных электронной библиотечной системы «Лань» <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Договор № 59/ ЕП (У)21 от 17.12.2021 | 31.12.2023    |
| Национальная электронная библиотека (НЭБ) <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Договор № 101/НЭБ/2338 от 04.07.2017 | 31.08.2022    |
| База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | в открытом доступе                   | -             |
| Национальная подписка в рамках проекта Министерства образования и науки РФ (Госзадание № 4/2017 г.) к наукометрическим БД Scopus и Web of Science <a href="https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search">https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search</a><br><a href="https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic">https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic</a> | регистрация (территория вуза)        | 2022          |
| База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <a href="http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/">http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/</a>                                                                              | в открытом доступе                   | -             |
| База данных электронно-библиотечной системы «Национальная электронная библиотека» <a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | в открытом доступе                   | -             |
| <b>Информационные справочные системы</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                      |               |
| Университетская информационная система «РОССИЯ» <a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | в открытом доступе                   | -             |
| Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <a href="https://openedu.ru">https://openedu.ru</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | в открытом доступе                   | -             |
| Портал открытых данных Российской Федерации <a href="https://data.gov.ru">https://data.gov.ru</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | в открытом доступе                   | -             |
| Справочно-правовая система КонсультантПлюс (КонсультантПлюс студенту и преподавателю) <a href="http://www.consultant.ru/edu/">www.consultant.ru/edu/</a>                                                                                                                                                                                                                                                       | в открытом доступе                   | -             |