МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ХТИ
_____ Ястребинский Р.Н.
«15» 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Системы управления химико-технологическими процессами

направление подготовки (специальность):

18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики»

Направленность программы (профиль, специализация):
18.05.02-06 «Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергетики»

Квалификация
инженер

Форма обучения

Очная

Институт: химико-технологический

Кафедра: технология стекла и керамики

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности – 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 913
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н., доцент _____ (Алексеев С.В.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Теоретической и прикладной химии
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор _____ (Павленко В.И.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

"27" апреля 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«27» 04 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: _____ (Дороганов В.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«15» 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель: к.т.н., доцент _____ (Порожнюк Л.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели.	ОПК-4.1. Анализирует системы автоматизации производства и разрабатывает мероприятия по их совершенствованию	**Знать:** - основные элементы системы автоматического управления производством; - современные методы совершенствования систем автоматического управления. **Уметь:** - эффективно эксплуатировать системы автоматизированного управления. **Владеть:** - современными способами автоматизации производственных процессов.
		ОПК-4.2. Применяет программное обеспечение для выполнения численного моделирования отдельных стадий и технологического процесса в целом с использованием прикладных программ в сфере профессиональной деятельности	**Знать:** - современные цифровые технологии, применяемые в промышленности. - основные компоненты SCADA-систем MasterSCADA и TRACE MODE. **Уметь:** - создавать и редактировать проекты в SCADA-системах MasterSCADA и TRACE MODE. **Владеть:** - навыками программирования MasterSCADA и TRACE MODE

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Компетенция ОПК-4 Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины

1	Моделирование химико-технологических процессов
2	Математическое моделирование радиационных процессов

3. **ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации зачет

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	88	88
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	92	92
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	92	92
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1.Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Предмет и содержание курса					
	Значение автоматического управления для развития химической промышленности на современном этапе. Краткий очерк истории развития систем автоматического управления. Особенности управления ХТП. Технико-экономический эффект управления. Роль управления в обеспечении безопасности химического производства и охраны окружающей среды.	2			4
2. Основные понятия управления химико-технологическими процессами.					
	Основные термины и определения. Иерархия управления. Назначение систем управления химическим предприятием и химико-технологическим процессом. Принципы управления. Классификация систем управления. Структурные схемы САУ. Функциональная структура САУ. Качество процесса управления.	2			4
3. Основы теории автоматического управления					
	Моделирование как метод исследования САУ. Динамические характеристики САУ. Типовые динамические звенья. Устойчивость линейных САУ. Критерии устойчивости (Раусса-Гурвица, Михайлова, Найквиста).	4	12		16
4. Системы автоматического управления					
	Объекты управления и их основные свойства. Задачи синтеза регуляторов. Основные законы регулирования.	4	10		14
5. Измерение технологических параметров					
	Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации. Основные термины и определения метрологии. Динамические свой-	4	4		8

	ства средств измерительной техники.				
	Измерительные преобразователи. Измерение электрических величин. Измерение давления. Измерение температуры.	2	4		6
	Измерение расхода. Измерение уровня жидкости и сыпучих тел. Измерение состава и физико-химических свойств веществ. Измерение концентрации растворов.	2	4		6
6. Основы проектирования систем управления ХТП					
	Динамические характеристики и особенности управления типовыми процессами и аппаратами химической технологии. Синтез систем автоматического регулирования.	4	6		10
	Технические средства систем автоматического управления. Стадии проектирования систем управления.	4	4		8
7. Основные сведения об АСУТП в химической промышленности.					
	Назначения АСУТП. Основные функции АСУТП. Разновидности АСУТП. Режимы работы АСУТП. Обеспечение АСУТП. Обеспечение АСУТП. Надежность функционирования АСУТП. Взаимодействие оператора с техническими средствами АСУТП.	4	3		8
8. Пример систем управления в химической промышленности.					
	Описание системы управления предприятием на примере реально действующего производства.	2	4		8
	ВСЕГО	34	51		92

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1.	Основы теории автоматического управления	Динамические звенья	4	4
2.	Основы теории автоматического управления	Устойчивость линейных САУ	2	2
3.	Основы теории автоматического управления	Технические средства САУ	4	4
4.	Основы теории автоматического управления	Моделирование САУ	2	2
5.	Системы автоматического управления	Регулирование основных технологических параметров	10	10
6.	Измерение технологических параметров	Метрология. Государственные стандарты средств измерения и автоматизации	4	4
7.	Измерение технологических параметров	Средства измерения ХТП	8	8
8.	Основы проектирования систем управления ХТП	Проектирование системы управления ХТП	10	10
9.	Основные сведения об АСУТП в химической промышленности.	Элементы АСУТП химической промышленности	3	3
10.	Пример систем управления в химической промышленности.	Разработка системы управления ХТП производства	4	4
		ИТОГО:	51	51

4.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Учебным планом не предусмотрены.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом не предусмотрены.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

5.1. **Компетенция ОПК-4** Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
Анализирует системы автоматизации производства и разрабатывает мероприятия по их совершенствованию	Экзамен, выполнение контрольной работы, устный опрос.
Применяет программное обеспечение для выполнения численного моделирования отдельных стадий и технологического процесса в целом с использованием прикладных программ в сфере профессиональной деятельности	Экзамен, выполнение контрольной работы, устный опрос.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

№ п/п	Наименование контрольных вопросов
1.	Какие возможности открывают системы управления перед химической технологией?
2.	Каковы функции управляющих устройств.
3.	Каково отличие автоматического регулирования от автоматического управления?
4.	Чем определяется уровень автоматического управления в химической технологии?
5.	Что понимают под управлением?
6.	Как можно описать состояние объекта управления?
7.	Дайте определение САУ.
8.	Какими переменными характеризуется объект управления?
9.	Каковы основные принципы управления?
10.	Объясните сущность понятий прямая и обратная связь.
11.	Какие воздействия называются возмущающими, а какие – управляющими?
12.	Что характерно для комбинированного управления?
13.	По каким признакам классифицируют системы управления?
14.	Что понимают под структурой САУ

15.	Из каких функциональных элементов состоит САР?
16.	Как оценить качество управления?
17.	Что понимают под устойчивостью системы управления?
18.	Опишите типовые оптимальные процессы регулирования.
19.	Назовите особенности физических и математических моделей.
20.	Дайте определение типового динамического звена
21.	Поясните методику составления дифференциальных уравнений элементов САУ.
22.	Зачем необходима линеаризация уравнений и что лежит в ее основе.
23.	Назовите основные свойства преобразования Лапласа.
24.	Что характеризует передаточная функция звена? Каковы ее возможности?
25.	Что такое временные характеристики.
26.	Для чего необходимы частотные характеристики?
27.	Что характеризует частотная передаточная функция? Каковы ее возможности?
28.	Как графически представляют частотные характеристики?
29.	Какие вы знаете комбинации звеньев?
30.	Какие существуют эквивалентные преобразования структурных схем?
31.	Дайте понятия устойчивости САУ.
32.	Что характерно для линейных систем управления?
33.	Как определяется устойчивость системы управления по Ляпунову?
34.	Каковы особенности алгебраических и частотных критериев устойчивости?
35.	Как оценить запас устойчивости САУ?
36.	Какие признаки лежат в основе классификации объектов управления?
37.	Что такое емкость объекта?
38.	Что такое самовыравнивание объекта?
39.	Как экспериментально определяют переходные характеристики объекта?
40.	Что входит в задачу синтеза регуляторов и каковы основные этапы рения задачи синтеза регуляторов?
41.	Что лежит в основе выбора закона регулирования?
42.	Как определяют оптимальные параметры настройки промышленных регуляторов с запасом устойчивости?
43.	Что такое физическая величина и что понимают под ее измерением?
44.	Что понимают под нормальными и рабочими условиями применения средств измерения?
45.	Назовите статические погрешности средств измерения. Что такое динамическая погрешность и чем она обусловлена?
46.	Охарактеризуйте основные методы измерения технологических параметров.
47.	Каково назначение первичного измерительного преобразователя?
48.	Как измеряются электрические величины?
49.	Как измеряется ТЭДС?
50.	Опишите принцип действия преобразователей давления различных видов.

51.	Как защищают манометры от действия внешней среды?
52.	Какие существуют способы измерения температуры? Их достоинства и недостатки.
53.	Опишите принцип действия расходомеров и способы их защиты от действия агрессивных сред.
54.	Сравните различные способы измерения уровня.
55.	Какова структура интеллектуальных преобразователей давления, температуры, расхода и уровня.
56.	Опишите принцип действия физических газоанализаторов и анализаторов жидкости.
57.	Каковы особенности регулирования расхода, уровня, давления, температуры, pH
58.	Назовите особенности регулирования массообменных процессов.
59.	Каковы особенности регулирования химических реакторов?
60.	Как выполняется синтез автоматических систем регулирования?
61.	Каковы особенности комбинированного регулирования?
62.	Назовите отличия каскадного регулирования от комбинированного.
63.	По каким признакам классифицируются регуляторы?
64.	Каковы принципы построения управляющих устройств и как формируются законы регулирования?
65.	Каково назначение исполнительного устройства?
66.	Как происходит выбор исполнительного устройства?
67.	Как составляется техническое задание на проектирования систем управления.
68.	Что лежит в основе выбора параметров контроля, сигнализации и управления?
69.	Назовите основные функции промышленных АСУТП.
70.	Какие существуют разновидности АСУТП?
71.	Что входит в обеспечение АСУТП?
72.	Как определить надежность АСУТП?
73.	Как осуществляется взаимодействие человека – оператора с техническими средствами АСУТП?

5.2.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Учебным планом не предусмотрены.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации являются контрольные работы.

Перечень задач к контрольным работам

1. Получите дифференциальное уравнение стеклянного ртутного термометра с объемом ртути V, площадью поверхности теплопередачи S, удельной теплоемкости ртути C, плотностью 13600 кг/м^3, и коэффициентом теплопере-

дачи α.

2. Дано дифференциальное уравнение дифманометра. Получите передаточную функцию дифманометра.
3. При сжигании Q_1 м^3/ч природного газа в печи устанавливается температура t_1. Найдите статический коэффициент усиления печи, если при увеличении расхода газа до Q_2 м^3/ч температура в печи повышается до t_2.
4. На вход статического звена первого порядка с постоянной времени Т и коэффициентом усиления К подали единичное ступенчатое воздействие при нулевых начальных условиях. Чему равна выходная величина звена через T_1, T_2, T_3?
5. Дана передаточная функция трубопровода, Назовите звено. Получите переходную функцию трубопровода и нарисуйте переходную характеристику.
6. В изотермическом реакторе идеального вытеснения протекает без изменения объема химическая реакция первого порядка. Определить изменение концентрации реагента во времени на выходе из реактора, если произошло ступенчатое изменение расхода реакционной смеси, а концентрация реагента на входе в реактор не изменилась.
7. Известно, что каждый из двух реакторов, соединенных последовательно может быть представлен в виде статического звена первого порядка. Чему равна передаточная функция системы реакторов?
8. Определите устойчивость систем регулирования по критерия Михайлов, если известны их характеристические уравнения.
9. Определите критическое значение коэффициента усиления пропорционального регулятора, с помощью которого регулируют процесс в объекте без самовыравнивания и при наличии транспортного запаздывания.
10. Объект описывается динамическим уравнением первого порядка с запаздыванием. Определите критическую частоту системы и максимальный коэффициент усиления пропорционального регулятора для нескольких значений τ/Т.
11. Определить абсолютную, относительную и приведенную погрешности из-

мерения концентрации технического кислорода, если газоанализатор со шкалой от C_1 до C_2 % показывает C, а действительная концентрация кислорода равна $C_д$.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знать: • основные элементы системы автоматического управления производством; • современные методы совершенствования систем автоматического управления; • современные цифровые технологии, применяемые в промышленности; • основные компоненты SCADA-систем MasterSCADA и TRACE MODE.
Умения	Уметь: • эффективно эксплуатировать системы автоматизированного управления; • создавать и редактировать проекты в SCADA-системах MasterSCADA и TRACE MODE.
Навыки	Владеть: • современными способами автоматизации производственных процессов; • навыками программирования MasterSCADA и TRACE MODE.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание основных элементов системы автоматического управления производством.	Не знает основные элементы системы автоматического управления производством.	Знает некоторые элементы системы автоматического управления производством.	Знает основные элементы системы автоматического управления производством.	Знает в полном объеме основные элементы системы автоматического управления производством.
Знание современных методов совершенствования систем автоматического управления.	Не знает современные методы совершенствования систем автоматического управления.	Знает некоторые современные методы совершенствования систем автоматического управления.	Знает современные методы совершенствования систем автоматического управления.	Знает полном объеме современные методы совершенствования систем автоматического управления.
Знание современных цифровых технологий, применяемых в промышленности.	Не знает современные цифровые технологии, применяемые в промышленности.	Частично знает современные цифровые технологии, применяемые в промыш-	Знает современные цифровые технологии, применяемые в промышленности.	Знает полном объеме современные цифровые технологии, применяемые в

		ленности.		промышленности.
Знание основных компонентов SCADA-систем MasterSCADA и TRACE MODE.	Не знает основные компоненты SCADA-систем MasterSCADA и TRACE MODE.	Частично знает основные компоненты SCADA-систем MasterSCADA и TRACE MODE.	Знает основные компоненты SCADA-систем MasterSCADA и TRACE MODE.	Знает полном объеме основные компоненты SCADA-систем MasterSCADA и TRACE MODE.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение эффективно эксплуатировать системы автоматизированного управления.	Не умеет эксплуатировать системы автоматизированного управления.	Допускает неточности при использовании систем автоматизированного управления.	Умеет эксплуатировать системы автоматизированного управления.	Умеет эффективно эксплуатировать системы автоматизированного управления.
Умение создавать и редактировать проекты в SCADA-системах MasterSCADA и TRACE MODE.	Не умеет создавать и редактировать проекты в SCADA-системах MasterSCADA и TRACE MODE.	Допускает неточности при работе с проектами в SCADA-системах MasterSCADA и TRACE MODE.	Умеет работать с проектами в SCADA-системах MasterSCADA и TRACE MODE.	Умеет свободно работать с проектами в SCADA-системах MasterSCADA и TRACE MODE.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение современными способами автоматизации производственных процессов.	Не владеет современными способами автоматизации производственных процессов.	Обучающийся имеет минимальные навыки владения современными способами автоматизации производственных процессов.	Имеет достаточные навыки владения методами современными способами автоматизации производственных процессов.	Уверенно и четко владеет современными способами автоматизации производственных процессов.
Владение навыками программирования MasterSCADA и TRACE MODE.	Не имеет навыков программирования MasterSCADA и TRACE MODE.	Обучающийся имеет минимальные навыки программирования MasterSCADA и TRACE MODE.	Имеет достаточные навыки владения программирования MasterSCADA и TRACE MODE.	Уверенно и четко владеет программированием MasterSCADA и TRACE MODE.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная лаборатория № 302	интерактивная доска, проектор, компьютер

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная (Соглашение Microsoft Open Value SubscriptionV6328633	Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
2	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633	Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
3	Kaspersky Endpoint Security «СтандартныйRussian Edition».	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018.
4	Google Chrome.	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

6.3.1. Перечень основной литературы

1. Беспалов А.В. Системы управления химико-технологическими процессами / Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен. – М:ИКЦ «Академкнига», 2007. – 690 с.

6.3.2. Перечень дополнительной литературы

1. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Задачник по системам управления химико-технологическими процессами: Учебное пособие для – М:ИКЦ «Академкнига», 2005. – 307 с.

2. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – СПб.: Химия, 1985. - 352 с.
3. Дудников Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности. – М.: Химия, 1987. - 368 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. http://elibrary.ru
2. http://e.lanbook.com
3. http://www.consultant.ru
4. http://normacs.ru/
5. https://elib.bstu.ru/Reader/Book

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от «____»_____ 20___ г.

Заведующий кафедрой_____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО