

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной работе

\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений  
Блока 1 «Дисциплины (модули)»

**«Системы управления в химической технологии»**

Направление подготовки магистров 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) – Химия функциональных наноматериалов

Тип задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский

Форма обучения – очная

Химико-технологический факультет

Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»

Тверь 20\_\_

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магистров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:  
профессор кафедры БХС

М.Г. Сульман

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БХС  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой

М.Г. Сульман

Согласовано:  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Д.А.Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## 1. Цель и задачи дисциплины

**Целью** изучения дисциплины «Системы управления в химической технологии» является получение знаний об основных понятиях управления технологическими процессами; основ теории автоматического управления, основ проектирования автоматических систем управления и метрологического обеспечения.

**Задачами дисциплины** являются:

- рассмотрение химико-технологического процесса как базы для проектирования;
- расчет и эксплуатация систем управления;
- формирование способности и готовности к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки;
- формирование навыков решения профессиональных производственных задач;
- контроля технологического процесса, разработки норм выработки, разработки технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплине части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения дисциплин: «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Химическая технология», «Актуальные задачи современной химии», «Основы нанотехнологии», «Физико-химия наноструктурированных веществ», «Методы синтеза нанокластеров и наноструктур».

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем для выполнения научно-исследовательской работы, написании статей и тезисов, при подготовке выпускной квалификационной работы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-1.** Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области химии функциональных наноматериалов, химической технологии наноструктурированных композиционных материалов и смежных с химией наук.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-1.1.** Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

31.1. Основные тенденции развития систем автоматического управления, принципы их проектирования и возможности расчета основных параметров.

**Уметь:**

У1.1. Эксплуатировать системы автоматического управления и использовать поступающую с них информацию.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1.1. Анализировать функциональные схемы автоматического управления.

**ИПК-1.2.** *Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

З2.1. Методы решения задач по расчету параметров измерительных систем и систем управления.

**Уметь:**

У2.1. Подбирать основные элементы систем управления.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП2.1. Проводить согласование элементов в контурах управления химико-технологическими процессами.

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-3.** Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области химии функциональных наноматериалов, химической технологии наноструктурированных композиционных материалов или смежных с химией науках.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-3.2.** *Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

З3.1. Основные принципы использования элементов систем автоматизации в химии и химической технологии.

**Уметь:**

У3.1. Проектировать функциональные схемы управления химико-технологическими процессами.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП3.1. Оценивать устойчивость систем управления.

**3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных занятий; выполнение лабораторных работ; самостоятельная работа под руководством преподавателя.

#### 4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	4	144
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		39
В том числе:		
Лекции		13
Практические занятия (ПЗ)		не предусмотрены
Лабораторные работы (ЛР)		26
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		69+36(экз)
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к лабораторным занятиям		49
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		не предусмотрен
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		20+36(экз)
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		26
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Практические занятия (ПЗ)		не предусмотрены
Лабораторные работы (ЛР)		26

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1	Введение. Порядок изложения курса	7	1	-	-	3+2(экз)
2	Основные понятия автоматического управления	12	1	-	-	6+4(экз)
3	Виды систем автоматического управления и законы регулирования	8	1	-	-	4+2(экз)
4	Линеаризация дифференциальных уравнений, описывающих систем автоматического управления	8	1	-	2	4+2(экз)
5	Динамические звенья	20	2	-	-	10+6(экз)

6	Составление исходных дифференциальных уравнений САУ	7	1	-	2	3+2(экз)
7	Запасывание и устойчивость систем регулирования. Критерии устойчивости	15	2	-	2	9+3(экз)
8	Статические и динамические характеристики объектов управления, переходные процессы.	9	1	-	2	6+1(экз)
9	Диагностика химико-технологического процесса	17	1	-	8	6+3(экз)
10	Проектирование автоматических систем управления	38	2	-	10	18+8(экз)
<b>Всего на дисциплину</b>		<b>144</b>	<b>13</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>69+36(экз)</b>

## 5.2. Содержание дисциплины

### **МОДУЛЬ 1 «ВВЕДЕНИЕ. ПОРЯДОК ИЗЛОЖЕНИЯ КУРСА»**

Курс «Системы управления в химической технологии», его цели и задачи, порядок изложения. Рекомендуемая литература. Основные определения и термины. Взаимосвязь курса с другими предметами, связанными с проектированием и эксплуатацией производств химической технологии.

### **МОДУЛЬ 2 «ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»**

Алгоритм, алгоритм функционирования, управление, алгоритма управления, системы управления, объект управления. Процессы и сигналы. Кибернетические системы и блоки. Кибернетика и предмет теории автоматического управления. Управляющее воздействие на объект управления (технологический процесс).

### **МОДУЛЬ 3 «ВИДЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ»**

Понятие о замкнутых автоматических системах. Классификация автоматических систем. Непрерывные и дискретные автоматические системы. Линейные и нелинейные системы регулирования. Компенсирующие системы. Автоматические системы, работающие по возмущению. Экстремальные системы управления. Типовые воздействия в автоматических системах (ступенчатое воздействие, импульсное воздействие, гармоническое воздействие, линейное воздействие).

#### **МОДУЛЬ 4 «ЛИНЕАРИЗАЦИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»**

Линейные и нелинейные дифференциальные уравнения, описывающие системы автоматического управления и их компоненты. Линеаризация уравнений. Методы и примеры линеаризации. Запись линеаризованных уравнений звеньев.

#### **МОДУЛЬ 5 «ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗВЕНЬЯ»**

Общие понятия. Виды звеньев. Элементарные динамические звенья (безынерционное звено, инерционные звенья 1-го и 2-го, идеальное и реальное интегрирующие звенья, идеальное и реальное дифференцирующие звенья, издромное звено, форсирующее звено, интегро-дифференцирующие звенья). Статические и динамические характеристики звеньев управления. Амплитудная частотная, фазовая частотная, амплитудно-фазовая частотная характеристики.

#### **МОДУЛЬ 6 «СОСТАВЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ САУ»**

Общий метод составления исходных уравнений. Дифференциальное уравнение как наиболее полная и наиболее полная форма описания автоматических систем. Символическая (операторная) форма записи. Операционный метод. Преобразование Лапласа. Передаточные функции САУ. Изображения простейших функций времени по Лапласу. Свойства передаточных функций. Законы регулирования.

#### **МОДУЛЬ 7 «ЗАПАЗДЫВАНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ. КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ»**

Запаздывание в системах автоматического управления. Инерционность систем. Понятие об устойчивости систем регулирования. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста.

#### **МОДУЛЬ 8 «СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ, ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ»**

Общие сведения. Анализ статических и динамических характеристик объектов управления. Решение исходного дифференциального уравнения. Сведение неоднородного уравнения к однородному. Построение кривой переходного процесса. Вынужденная составляющая переходного процесса. Свободная составляющая переходного процесса. Характеристическое уравнение и его корни. Использование компьютерных систем.

## **МОДУЛЬ 9 «ДИАГНОСТИКА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА»**

Методы и средства диагностики. Государственная система приборов. Элементы метрологии. Контроль основных технологических параметров. Принципы выбора первичных и вторичных измерительных преобразователей, приборов, средств сигнализации. Процедуры измерения любой физической величины: выделение измеряемой физической величины из многих других, в том числе и одноимённых, присущих объекту измерения и окружающим телам; преобразование измеряемой физической величины в другую, однозначно связанную с первой; сравнение измеряемой физической величины с мерой. Фундаментальные пределы точности измерений. Инструментальные и методические погрешности. Основная и дополнительная погрешности средств измерений. Систематические, прогрессирующие и случайные погрешности. Погрешности адекватности и градуировки средств измерений. Понятие полосы погрешностей. Абсолютная, относительная и приведенная погрешности средств измерений. Аддитивная и мультипликативная погрешности. Погрешность квантования.

## **МОДУЛЬ 10 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ»**

Основы проектирования автоматических систем управления. Системный подход к проектированию, стадии и этапы проектирования систем управления, организация проектирования, проектная документация; автоматизированное проектирование систем управления. Типовые системы автоматического управления в химической промышленности. САУ с использованием контроллеров.

### **5.3. Лабораторные работы**

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
<b>Модули 4, 8</b> <b>Цель:</b> Приобретение навыков решения дифференциальных уравнений, описывающих системы автоматического управления (САУ) и их компоненты	Дифференциальные уравнения и передаточные функции звеньев автоматических систем	4
<b>Модуль 6</b> <b>Цель:</b> Приобретение навыков расчета параметров САУ. Составление уравнений в теории САУ	Расчет параметров САУ	2
<b>Модуль 7</b> <b>Цель:</b> Приобретение знаний об устойчивости систем регулирования	Устойчивость линейных систем	2



<b>Модуль 9</b> <b>Цель:</b> Приобретение навыков обработки результатов измерений	1) Технологические измерения 2) Обработка результатов прямых измерений 3) Обработка результатов косвенных измерений 4) Обработка результатов совокупных измерений 5) Обработка данных хроматографического и спектрального анализа	8
<b>Модуль 10</b> <b>Цель:</b> Приобретение навыков моделирования технологических процессов. Приобретение навыков проектирования автоматизированных систем управления	1) Чтение и анализ функциональных схем автоматизации 2) Моделирование реакторов непрерывного и периодического действия	10

#### **5.4. Практические занятия**

Учебным планом практические занятия не предусмотрены.

### **6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости**

#### **6.1. Цели самостоятельной работы**

Основными целями самостоятельной работы магистрантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых, рациональных и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

#### **6.2. Организация и содержание самостоятельной работы**

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным занятиям, к текущему контролю успеваемости; подготовке к экзамену.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания на лабораторные занятия. Студенты выполняют задания в часы СРС в течение семестра в соответствии с освоением учебных разделов. Защита выполненных заданий производится поэтапно в часы лабораторных занятий. Оценивание осуществляется путем устного опроса проводится по содержанию и качеству выполненного задания.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература по дисциплине

1. Южаков, А.А. Автоматизированное проектирование средств и систем управления : учебное пособие для вузов / А.А. Южаков; Пермский национальный исследовательский политехнический университет. - Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2015. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-398-01464-8. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160761> . - (ID=143754-0)
2. Захаров, Н.А. Проектирование систем автоматизации : курс лекций / Н.А. Захаров, М.З. Салихов. - Москва : МИСиС, 2011. - ЦОР IPR SMART. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-87623-534-3. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/98098.html> . - (ID=145547-0)
3. Ким, Д.П. Теория автоматического управления. Линейные системы : учебник и практикум для вузов / Д.П. Ким. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-00799-2. - URL: <https://urait.ru/book/teoriya-avtomaticheskogo-upravleniya-lineynye-sistemy-491122> . - (ID=136126-0)

### 7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Лапшенков, Г.И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. Технические средства и лабораторные работы : учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / Г.И. Лапшенков, Л.М. Полоцкий. - 3-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Химия, 1988. - 288 с. : ил. - (Для высшей школы). - Библиогр. : с. 285 - 286. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7245-0007-8 : 1 р. - (ID=57205-36)
2. Полоцкий, Л.М. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации : учеб. пособие для хим.-технол. специальностей вузов / Л.М. Полоцкий, Г.И. Лапшенков. - М. : Химия, 1982. - 296 с. : ил. - (Автоматизация химических производств). - Библиогр.: с. 289. - Текст : непосредственный. - 90 к. - (ID=74211-20)
3. Жмудь, В.А. Теория автоматического управления. Замкнутые системы : учебное пособие для вузов по инженерно-техническим направлениям / В.А. Жмудь. - 2-е изд. ; доп. и перераб. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-05119-3. - URL: <https://urait.ru/book/teoriya-avtomaticheskogo-upravleniya-zamknutyie-sistemy-492766> . - (ID=136122-0)
4. Востриков, А.С. Теория автоматического регулирования : учебник и практикум для вузов / А.С. Востриков, Г.А. Французова. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-04845-2. - URL: <https://urait.ru/bcode/492217> . - (ID=136119-0)

### 7.3. Методические материалы

1. Моделирование объектов и систем управления на ЭВМ : метод. указ. к лаб. работам для спец. 2103. Ч. 1 : Экспериментальные методы построения математических моделей объектов управления / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП ; сост. Н.Н. Филатова . - Тверь : ТвГТУ, 1994. - 16 с. : Ил. - Текст : непосредственный. - 350-00. - (ID=1435-17)
2. Моделирование объектов и систем управления на ЭВМ : метод. указ. к лаб. работам для студ. спец. 2103. Ч. 2 : Анализ объектов управления и автоматических систем регулирования на ЭВМ / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП ; сост. Н.Н. Филатова. - Тверь : ТвГТУ, 1994. - 20 с. : ил. - 375-00. - (ID=472-16)

### 7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

### 7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. - (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/116630>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

При изучении дисциплины «Системы управления в химической технологии» используются современные средства обучения, возможна демонстрация лекционного материала с помощью проектора. Аудитория для проведения лекционных занятий, проведения защит и презентаций курсовых работ оснащена современной компьютерной и офисной техникой, необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

Для проведения лабораторных работ имеются лаборатории с персональными компьютерами (наличие локальной вычислительной сети необязательно).

## **9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 15. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

## **5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене:**

1. Предмет изучения ТАУ. Понятия алгоритма (алгоритма функционирования и алгоритма управления), объекта управления.
2. Понятия автоматического управляющего устройства и автоматической системы управления. Порядок выработки управляющего воздействия.
3. Классификация САУ.
4. Виды воздействий в СУ.
5. Состояния и режимы в САУ.
6. Статические характеристики элементов САУ.
7. Линеаризация по методу касательных или секущих.
8. Типовые законы регулирования.
9. Линейные дифференциальные уравнения.
10. Временные характеристики.
11. Операционный метод (преобразование Лапласа, свойства преобразования Лапласа). Передаточная функция.
12. Частотные характеристики.
13. Классификация динамических звеньев.
14. Безинерционное звено. Инерционное звено первого порядка.
15. Интегрирующие и дифференцирующие звенья.
16. Понятие устойчивости САУ. Критерий Гурвица. Критерий Михайлова. Критерий Найквиста.
17. Средства измерений и их основные элементы.
18. Преобразователи (общие сведения и основные характеристики).
19. Инструментальные и методические погрешности.
20. Основная и дополнительная погрешности средств измерений.
21. Систематические, прогрессирующие и случайные погрешности.
22. Погрешности адекватности и градуировки средств измерений.
23. Понятие полосы погрешностей. Абсолютная, относительная и приведенная погрешности средств измерений.
24. Аддитивная и мультипликативная погрешности. Погрешность квантования.
25. Класс точности средств измерений (при чисто аддитивной и чисто мультипликативной полосах погрешностей).
26. Класс точности средств измерений (при одновременном присутствии аддитивной и мультипликативной составляющих полосы погрешностей).
27. Специальные формулы нормирования полосы погрешностей. Обозначение классов точности средств измерений.
28. Основные положения булевой алгебры.
29. Конъюнктор. Дизъюнктор. Инвертор.
30. Элемент Шеффера. Элемент Пирса

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть

пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

### **9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета**

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

### **9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

Учебным планом не предусмотрены.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ, всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

## **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров 04.04.01 Химия  
Профиль – Химия функциональных наноматериалов  
Кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации  
Дисциплина «Системы управления в химической технологии»  
Семестр 3

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:  
Операционный метод (преобразование Лапласа, свойства преобразования Лапласа). Передаточная функция.

2. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:  
Рассмотрите класс точности средств измерений (при чисто аддитивной и чисто мультипликативной полосах погрешностей).

3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:  
Вывести формулу передаточной функции по заданному дифференциальному уравнению.

$$30 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{вых}}(t) + 25 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{вых}}(t) - 10 \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) + 10 x_{\text{вых}}(t) = 5 \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) + x_{\text{вых}}(t)$$

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2 балла;

Составитель: проф. кафедры БХС

М.Г. Сульман

Заведующий кафедрой БХС

М.Г. Сульман