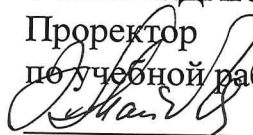


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебной работе  
  
Э.Ю. Майкова  
« 09 » июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений,  
Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Моделирование промышленных систем»**

Направление подготовки бакалавров 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) – Промышленная информатика

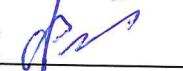
Типы задач профессиональной деятельности – производственно-технологический, научно-исследовательский, проектно-конструкторский

Форма обучения – очная

Факультет информационных технологий  
Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Тверь 2023

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

Разработчик программы: профессор кафедры АТП  Н.Н. Филатова

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТП  
« 05 » 06 \_\_\_\_\_ 2023 г., протокол № 11 .

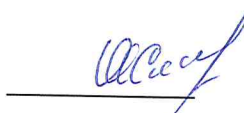
Заведующий кафедрой АТП  Б.И. Марголис

Согласовано  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ



Е.Э. Наумова

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки



О.Ф. Жмыхова

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Моделирование промышленных систем» является получение студентами знаний по основам построения и анализа моделей систем управления техническими объектами и их использования на практике, формирование готовности к активной профессиональной и социальной деятельности, системность профессионального мышления, инновационной открытости, способности к самостоятельному приращению имеющихся знаний, способностью адаптироваться к изменяющимся условиям профессиональной деятельности.

Объектами изучения являются методы построения математических моделей, а также методики численного анализа моделей с применением компьютерных технологий.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов исследования систем управления с помощью различных видов математических моделей;
- формирование умений и навыков, необходимых для реализации математических моделей систем управления в системе МатЛаб;
- формирование умений и навыков, необходимых для проведения вычислительных экспериментов.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Моделирование промышленных систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ОП ВО. Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и навыки, сформированные в ходе изучения дисциплин: «Математика», «Информатика», «Физика», «Электротехника», «Электроника», «Алгоритмические языки и программирование», «Теория автоматического управления».

Приобретенные знания студент сможет использовать при изучении специальных дисциплин профессионального цикла и профильной направленности: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Проектирование автоматизированных систем», «Методы оптимального управления», «Автоматизированные информационно-управляющие системы».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:

УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИУК-6.2. Планирует траекторию своего профессионального развития и предпринимает шаги по её реализации.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

**Знать:**

31. Математические модели элементов и систем управления технологическими процессами.

**Уметь:**

У1. Производить расчеты, сравнительный анализ и выбор блоков моделей АСУТП.

У2. Реализовывать математические модели БТС в виде программы для ЭВМ.

**ПК-9.** Способен выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств.

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

ИПК-9.2. Применяет современные информационные технологии и технические средства при обработке результатов экспериментов.

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

З1. Методы обработки экспериментальных данных и идентификации характеристик производственных процессов с использованием информационных технологий.

**Уметь:**

У1. Проводить расчеты по проверке адекватности математических моделей элементов и систем управления технологическими процессами.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1. Разрабатывать прикладные программы для обработки экспериментальных данных и получения характеристик объектов автоматизации и промышленных систем.

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

ИПК-9.3. Проводит вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления.

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

З1. Компьютерные модели элементов систем управления и производственных процессов с использованием объектно-ориентированных технологий.

**Уметь:**

У1. Моделировать объекты и системы управления технологическими процессами.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1. Использовать пакеты прикладных программ для проведения моделирования в процессе предпроектных исследований АСУТП.

### 3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных и 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
Общая трудоемкость дисциплины	3	108
Аудиторные занятия (всего)		45

В том числе:		
Лекции		30
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)		15
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		<b>63</b>
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - изучение теоретической части дисциплины - подготовка к защите лабораторных работ		39 20
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		4
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		<b>15</b>
Практические занятия (ПЗ)		не предусмотрены
Лабораторные работы (ЛР)		15
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5. Структура дисциплины

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

№	Наименование модуля	Труд-ть, часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	Сам. работа
1	Введение. Основные понятия теории моделирования	14	4			10
2	Программно-инструментальные средства моделирования	15	2		3	10
3	Математические модели технологических объектов	20	6		3	11
4	Экспериментально-статистические методы построения моделей	21	6		4	11
5	Типовые задачи анализа математических моделей объектов и систем управления	19	6		2	11
6	Имитационное моделирование систем управления	19	6		3	10
<b>Всего на дисциплину</b>		<b>108</b>	<b>30</b>		<b>15</b>	<b>63</b>

### 5.2. Содержание дисциплины

#### Модуль 1 «Введение. Основные понятия теории моделирования»

Моделирование, как способ исследования сложных технических систем. Задачи и цели моделирования. Применение моделирования на разных этапах жизненного цикла системы управления технологическим объектом. Виды моделирования: физическое, математическое, имитационное. Понятие объекта моделирования. Классификация математических моделей. Основные этапы разработки математической модели. Характеристика основных классов методов

составления математических моделей. Понятие об адекватности математической модели.

### **Модуль 2 «Программно-инструментальные средства моделирования»**

Классификация программных средств, применяемых для моделирования системы управления технологическим объектом. Универсальные пакеты и программные системы. Верификация моделирующих программ. Процедуры сравнения модельных и системных выходных данных. Анализ и интерпретация выходных данных.

### **Модуль 3 «Математические модели технологических объектов»**

Этапы математического моделирования; принципы построения и основные требования к математическим моделям систем; цели и задачи исследования математических моделей систем; общая схема разработки математических моделей. Принципы построения математического описания объектов управления на основе универсальных законов сохранения (массы, энергии, механического импульса). Понятие о допущениях. Типовые модели структуры потоков в технологических аппаратах, модели для описания тепловых процессов, кинетических процессов. Линеаризация уравнений математической модели. Методы упрощения математических моделей. Обобщенная схема разработки математической модели.

### **Модуль 4 «Экспериментально-статистические методы построения моделей»**

Понятие пассивного и активного экспериментов. Уравнение регрессии. Применение метода наименьших квадратов для оценки коэффициентов модели. Построение многофакторных линейных моделей. Проверка адекватности (или точности аппроксимации) математической модели с помощью критерия Фишера. Построение нелинейных моделей объекта на основе уравнения параболической регрессии, уравнения трансцендентной регрессии, на основе мультипликативной свертки (метод Брандона). Планирование эксперимента: полный и дробный факторный эксперименты. Математические модели на основе ортогонального центрального композиционного плана.

### **Модуль 5 «Типовые задачи анализа математических моделей объектов и систем управления»**

Общая характеристика типовых задач численного анализа математических моделей объектов управления. Методы анализа динамических, статических режимов работы объекта, методы оценки чувствительности объекта к малым параметрическим возмущениям. Общая характеристика задач исследования математических моделей систем управления.

### **Модуль 6 «Имитационное моделирование систем управления»**

Формализация процесса функционирования системы; понятие агрегативной модели; формы представления математических моделей. Имитационное моделирование, как способ исследования систем управления. Основные этапы имитационного моделирования. Построение концептуальной и алгоритмической моделей. Испытание и эксплуатация имитационных моделей: основные этапы и их характеристика, задание исходной информации для моделирования; оценка точности и достоверности результатов моделирования; анализ и интерпретация результатов моделирования. Технические и программные средства моделирования.

### 5.3 Лабораторные работы

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоем- кость в часах
<b>Модуль 2</b> Цель: формирование навыков составления программ для работы с МатЛаб	Разработка М-файла для построения статических характеристик систем	1
	Разработка М-файла для оценки статистических характеристик объектов (оценки математического ожидания, дисперсии и др.)	2
<b>Модуль 3</b> Цель: формирование навыков анализа статической модели объекта управления	Построение вычислительного алгоритма анализа статического режима работы объекта с сосредоточенными координатами (на основе модели динамики и модели статики).	1
	Построение вычислительного алгоритма анализа статического режима работы объекта с распределенными координатами (на основе модели статики).	1
		1
<b>Модуль 4</b> Цель: сформирование навыков построения моделей статистическими методами	Построение линейных моделей объекта по данным пассивного эксперимента (при $n=1$ ).	1
	Построение линейных моделей объекта по данным пассивного эксперимента (при $n>1$ ).	1
	Построение моделей в виде трансцендентных уравнений регрессии	1
	Построение моделей на основе мультипликативной свертки (метод Брандона)	1
<b>Модуль 5</b> Цель: ознакомление с методами анализа чувствительности объекта управления	Исследование чувствительности (грубости) объекта при параметрических возмущениях	2
<b>Модуль 6</b> Цель: ознакомление в ходе экспериментов с методами имитационного моделирования систем управления	Построение имитационной модели одноконтурной системы регулирования (ИМ_АСР1), включающей модели технических средств автоматизации	1
	Исследование ИМ_АСР1 при различных видах параметрических возмущений.	1
	Исследование ИМ_АСР1 при случайных возмущениях.	1

## **5.4. Практические занятия**

Практические занятия по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

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

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

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых 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 по заданию преподавателя по рекомендуемой учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, к защите лабораторных работ, в выполнении курсовой работы, в подготовке к текущему контролю успеваемости и подготовке к экзамену.

Студентам выдаются задания для выполнения лабораторных работ. В рамках дисциплины выполняется 13 лабораторных работ, которые защищаются путем устного опроса. Выполнение всех лабораторных работ обязательно.

В случае невыполнения лабораторной работы по уважительной причине студент должен выполнить пропущенные лабораторные занятия в часы, отведенные на консультирование с преподавателем.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература по дисциплине**

1. Морозов, В.К. Моделирование процессов и систем: учеб. пособие для вузов по направ. подготовки бакалавров: в составе учебно-методического комплекса / В.К. Морозов, Г.Н. Рогачев. - 2-е изд.; перераб. - Москва: Академия, 2015. - 264 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-4468-0694-2: 834 р. 90 к. - (ID=110786-12)

2. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник для бакалавров по напр. "Информатика и вычислительная техника" и "Информационные системы: в составе учебно-методического комплекса / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - 7-е изд. - Москва: Юрайт, 2012. - 344 с. - (Бакалавр) (УМК-У). - Библиогр.: с. 340 - 341. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-9916-1580-8: 135 р. 36 к. - (ID=94350-8)

3. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет. - 7-е изд. - Москва: Юрайт, 2021. - (Бакалавр. Академический курс). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-9916-3916-3. - URL: <https://urait.ru/bcode/488217>. - (ID=94131-0)

4. Моделирование систем: учебник по специальности "Автоматизация технических процессов и производств" направления подготовки "Автоматизированные технологии и производство": в составе учебно-методического комплекса / С.И. Дворецкий [и др.]. - Москва: Академия, 2009. - 316 с. - (Высшее



профессиональное образование. Машиностроение) (УМК-У). - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-7695-4737-9: 207 р. 47 к. - (ID=76049-34)

## 7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Крутских, В. В. Моделирование в LabVIEW: учебное пособие для вузов / В. В. Крутских. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 171 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-13681-4. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/496654> - (ID=139115-0)
2. Васильев, В.Г. Численные методы моделирования систем автоматического управления в программной среде LabVIEW: учебное пособие / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь: ТвГТУ, 2019. - 163 с. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-7995-1046-6: 411 р. - (ID=135111-67)
3. Васильев, В.Г. Численные методы моделирования систем автоматического управления в программной среде LabVIEW: учебное пособие / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь: ТвГТУ, 2019. - Сервер. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-7995-1046-6: 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/135267>. - (ID=135267-1)
4. Котлинский, С.В. Разработка моделей предметной области автоматизации: учебник для вузов / С.В. Котлинский. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 412 с. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 78-5-8114-8035-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/183204>. - URL: <https://lanbook.com/catalog/informatika/razrabotka-modeley-predmetnoy-oblasti-avtomatizatsii/>. - (ID=143204-0)
5. Трухин, М.П. Моделирование сигналов и систем. Дифференциальные, дискретные и цифровые модели динамических систем: учебное пособие / М.П. Трухин; Трухин М.П.; под научной редакцией С.В. Поршнева. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2019. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-8114-3792-4. - URL: <https://e.lanbook.com/book/121487>. - (ID=136069-0)
6. Дреус, Ю. Г. Имитационное моделирование: учебное пособие для вузов / Ю. Г. Дреус, В. В. Золотарёв. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 142 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-11385-3. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/495094>. - (ID=134530-0)
7. Пен, Р.З. Статистические методы математического моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов: учебное пособие для вузов / Р.З. Пен, В.Р. Пен. - 2-е изд. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-8114-8369-3. - URL: <https://e.lanbook.com/book/175505>. - (ID=141007-0)

## 7.3. Методические материалы

1. Расширенное описание лекционного курса по дисциплине "Моделирование систем": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Н.Н. Филатова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-М). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104359>. - (ID=104359-1)
2. Практические занятия. Задачи по дисциплине "Моделирование систем": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Н.Н. Филатова; Тверской гос.

техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-П). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104367>. - (ID=104367-1)

3. Лабораторные занятия по дисциплине "Моделирование систем": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Н.Н. Филатова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-ЛР). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104369>. - (ID=104369-1)

4. Курсовая работа по дисциплине "Моделирование систем": в составе учебно-методического комплекса / разработ. Н.Н. Филатова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-КП). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104360>. - (ID=104360-1)

5. Учебно-методический комплекс дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" "Моделирование промышленных систем". Направление подготовки бакалавров 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Направленность (профиль) – Промышленная информатика технологическими процессами и производствами: ФГОС 3++ / Кафедра "Автоматизация технологических процессов"; составитель Н.Н. Филатова. - Тверь: ТвГТУ, 2022. - (УМК). - Текст: электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/155947>. - (ID=155947-0)

#### **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.

MATLAB, пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений. (Разработчики - The MathWorks и Клив Б. Молер)

#### **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>

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

Лабораторный практикум проводится в одном из дисплейных классов ХТ, используются персональные компьютеры с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows и Microsoft Office 2007 и ППП MATLAB.

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

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

Учебным планом экзамен по дисциплине не предусмотрен.

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

1. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем:

по результатам текущего контроля знаний и умений обучающегося без дополнительных контрольных испытаний;

по результатам выполнения дополнительного итогового контрольного испытания при наличии у студентов задолженностей по текущему контролю.

2. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке описываются критерии проставления зачёта:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: посещение лекций в объеме не менее 80% контактной работы с преподавателем, выполнения практических и контрольных работ, защиты лабораторных работ.

При промежуточной аттестации с выполнением заданий дополнительного итогового контрольного испытания студенту выдается билет с вопросами и задачами.

Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания - 20.

Число вопросов – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»). Продолжительность – 60 минут.

3. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».

4. Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачёта:

для категории «знать» (бинарный критерий):

ниже базового - 0 балл;

базовый уровень – 1 балла;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 1 балла.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

5. Для дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляется:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении);

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачёта.

6. Задание выполняется письменно.

7. Перечень вопросов дополнительного итогового контрольного испытания:

1. Моделирование, как способ исследования сложных технических систем. Задачи и цели моделирования.

2 Построение нелинейных моделей объекта на основе уравнения трансцендентной регрессии.

3. Физическое моделирование.

4. Модель идеального смешения.

5. Математическое моделирование.

6. Модель идеального вытеснения

7. Линеаризация математической модели

8. Получение передаточных функций по различным каналам.

9. Составление уравнений математической модели динамики.

10. Имитационное моделирование.

11. Ячеечная модель.

12. Проверка гипотезы об адекватности модели.

13. Понятия объекта моделирования, пассивного и активного экспериментов.

14. Факторы, влияющие на точность решения задачи анализа динамических моделей объектов с сосредоточенными координатами.

15. Классификация математических моделей динамики.

16. Модель химического реактора на основе допущений об идеальном смешении.

17. Классификация математических моделей статики.

18. Создание математической модели статики по результатам пассивного эксперимента.

19. Расчет статических характеристик объекта с сосредоточенными координатами на основе численного анализа модели динамики.

20. Построение модели объекта на основе полного факторного эксперимента.

21. Модель химического реактора на основе допущений об идеальном вытеснении.

22. Проверка гипотезы об однородности выборочных дисперсий параллельных измерений выходного параметра.

23. Задача анализа динамического режима объекта.

24. Задача анализа чувствительности объекта.

25. Модель обогревного реактора.

26. Модели для описания тепловых процессов на основе допущения об идеальном смешении.

27. Три основных этапа разработки математической модели.

28. Модель противоточного теплообменника с сосредоточенными координатами.
  29. Модели для описания тепловых процессов на основе допущения об идеальном вытеснении.
  30. Проверка гипотезы о значимости оценок коэффициентов регрессии.
  31. Диффузионные модели для описания структуры течения материальных потоков.
  32. Проверка гипотезы об адекватности математической модели с помощью критерия Фишера.
  33. Метод Брандона.
  34. Анализ динамических режимов работы объектов с сосредоточенными координатами: методы решения с неявной схемой вычислений.
  35. Построение нелинейных моделей объекта на основе уравнения трансцендентной регрессии.
  36. Характеристика формальных (экспериментально-статистических) и неформальных (аналитических) методов составления математических моделей.
  37. Общая характеристика методов численного анализа динамических режимов работы объектов с сосредоточенными координатами. Методы решения с явной схемой вычислений.
  38. Построение многофакторных линейных моделей объекта по данным пассивного эксперимента
  39. Особенности математических моделей объектов, влияющие на выбор методов анализа.
  40. Применение метода наименьших квадратов для оценки коэффициентов линейного уравнения регрессии.
  41. Характеристика основных методов составления математических моделей (экспериментально-статистических и аналитических).
- 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 зачета билет после его возвращения заменяется.
- Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках задания, выданного студенту.

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

Учебным планом курсовая работа (курсовой проект) по дисциплине не предусмотрены.

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

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

Изучение методик построения моделей экспериментально-статистическими методами, а также методов анализа математических моделей и постановки вычислительных экспериментов с имитационными моделями систем управления следует осуществлять в рамках лабораторных работ. Лабораторные занятия проводятся в дисплейном классе. Для каждого студента формируется индивидуальный пакет исходных данных для всех лабораторных работ.

При подготовке отчетов студенты должны использовать все средства MSOffice необходимые для подготовки текстового документа и иллюстративного графического материала. Отчет на бумажном носителе сдается на проверку, при защите студент объясняет допущенные погрешности и, при необходимости, предъявляет файл с программой решения.

#### **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 бакалавров – 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) – Промышленная информатика

Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Дисциплина «Моделирование промышленных систем»

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОВОГО  
 КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ № 1**

**1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:**

Моделирование, как способ исследования сложных технических систем.  
 Задачи и цели моделирования.

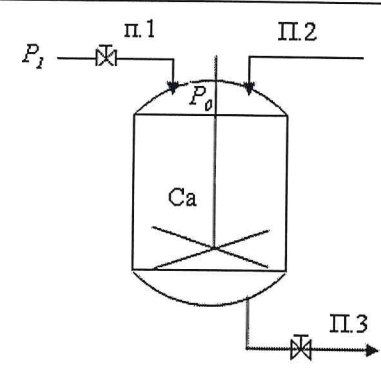
**2. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:**

Построение нелинейных моделей объекта на основе уравнения трансцендентной регрессии.

**3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:**

Составить уравнения математической модели динамики, указать допущения.

Потоки		
П1	П2	П3
$C_{a0}$ , Клапан ( $k_1$ ) Расход ( $G_1$ )	Разбавитель Расход ( $G_2$ )	$C_{a1}$ , Расход ( $G_3$ ) Клапан ( $k_2$ )



**Критерии итоговой оценки за зачет:**

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: профессор кафедры АТП \_\_\_\_\_ Н.Н. Филатова

Заведующий кафедрой АТП: \_\_\_\_\_ Б.И. Марголис