

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н. С. Будченко

ПРАКТИКУМ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины
для студентов бакалавриата по направлению
подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и
производств

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 681.5

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент
проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет» В. И. Устич

Будченко, Н. С.

Практикум по моделированию систем и процессов: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»/ **Н. С. Будченко.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 21 с.

В учебно-методическом пособии приведен тематический план по дисциплине и даны методические указания по её самостоятельному изучению, подготовке к практическим и лабораторным занятиям, подготовке и сдаче зачета, выполнению самостоятельной работы.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями утвержденной рабочей программы модуля «Моделирование систем и процессов» направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой цифровых систем и автоматики 28 сентября 2022 г., протокол № 2

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к использованию в качестве локального электронного методического материала в учебном процессе методической комиссией института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 29 сентября 2022 г., протокол № 7

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский
государственный технический
университет», 2022 г.

© Будченко Н. С., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Тематический план.....	5
Содержание дисциплины и указания к изучению	7
Методические указания по проведению лабораторных занятий	9
Методические указания по проведению практических занятий	10
Методические указания по выполнению самостоятельной работы	11
Методические указания по проведению занятий и освоению дисциплины .	12
Требования к аттестации дисциплины.....	13
1.Текущая аттестация.....	13
2.Промежуточная аттестация по дисциплине	15
Заключение	19
Библиографический список	20

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, изучающих дисциплину «Практикум по моделированию систем и процессов». Практикум по моделированию систем и процессов проводится совместно с дисциплиной «Моделирование систем и процессов».

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений построения моделей различных типов и исследования систем и технологических процессов методами математического и имитационного моделирования, в том числе как объектов управления на персональном компьютере посредством современных прикладных программных средств.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных типов моделей систем и процессов;
- освоение методов моделирования систем и процессов, этапов математического моделирования;
- знание принципов построения и основных требований к математическим моделям, методы их упрощения.

Дисциплина опирается на знания, умения и навыки подготовки по дисциплинам «Физика», «Информатика» и «Дискретная математика».

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- классификацию моделей и виды моделирования;
- принципы имитационного и математического моделирования систем и процессов;
- методы построения математических моделей систем и процессов, их упрощения;

уметь:

- строить математические модели процессов (объектов управления) и систем автоматического управления (САУ);
- планировать модельный эксперимент и интерпретировать полученные результаты;
- применять прикладные программные средства (пакеты прикладных программ) моделирования процессов и систем, например, VisSim;

владеть:

- навыками работы с прикладными программными средствами для математического и имитационного моделирования.

Далее в пособии представлен тематический план, содержащий перечень изучаемых тем, обязательных лабораторных работ, мероприятий текущей аттестации и отводимое на них аудиторное время (занятия в соответствии с

расписанием) и самостоятельную работу. При формировании студентом личного образовательного плана на семестр следует оценивать рекомендуемое время на изучение дисциплины. Возможно, при этом потребуется больше времени на выполнение отдельных заданий или проработку отдельных тем.

В разделе «Содержание дисциплины» приведены подробные сведения об изучаемых вопросах, по которым студент может ориентироваться в случае пропуска каких-то занятий, а также методические рекомендации преподавателя для самостоятельной подготовки, каждая тема имеет ссылки на литературу (или иные информационные ресурсы), а также контрольные вопросы для самопроверки.

Раздел «Текущая аттестация» содержит описание обязательных мероприятий контроля самостоятельной работы и усвоения разделов или отдельных тем дисциплины.

Далее изложены требования к завершающей аттестации – зачету.

Помимо данного пособия студентам следует использовать материалы, размещенные в соответствующем данной дисциплине разделе ЭИОС, в которые более оперативно вносятся изменения для адаптации дисциплины под конкретную группу.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (ЗЕТ), т. е. 108 академических часов (93 астр. часа) контактной (практических и лабораторных занятий) и самостоятельной учебной работы студента; работой, связанной с текущей и промежуточной (заключительной) аттестацией по дисциплине.

Распределение трудоемкости освоения дисциплины по темам и видам учебной работы студента приведено ниже.

Формы аттестации по дисциплине:

очная форма, седьмой семестр – зачет,

заочная форма, седьмой семестр – зачет.

Объем учебной работы (трудоемкость освоения) и структура дисциплины в очной и заочной формах обучения приведены в соответственно в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 - Объем (трудоемкость освоения) в очной форме обучения и структура дисциплины

Номер и наименование темы, вид учебной работы	Объем учебной работы, ч					
	Контактная работа				СРС	Всего
	ЛК	ЛЗ	ПЗ	РЭ		
Семестр – 7, трудоемкость – 3 ЗЕТ (108 ч)						
Тема 1. Классификация моделей и виды моделирования	-	-	-	-	6	6
Тема 2. Цели моделирования, этапы разработки моделей, методы исследования технологических процессов и систем	-	-	-	-	8	8
Тема 3. Построение математических моделей аналитическими методами	-	26	22	-	12	60
Тема 4. Построение математических моделей экспериментальными методами	-	4	8	-	10	22
Тема 5. Использование качественной информации для синтеза моделей управления	-	-	-	2	9,85	11,85
Учебные занятия	-	30	30	2	45,85	107,85
Промежуточная аттестация	зачет					0,15
Итого по дисциплине						108

ЛК – лекции, *ЛЗ* – лабораторные занятия, *ПЗ* – практические занятия, *РЭ* – контактная работа посредством электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС), *СРС* – самостоятельная работа студентов.

Таблица 2 - Объем (трудоемкость освоения) в заочной форме обучения и структура дисциплины

Номер и наименование темы, вид учебной работы	Объем учебной работы, ч					
	Контактная работа				СРС	Всего
	ЛК	ЛЗ	ПЗ	РЭ		
Семестр – 7, трудоемкость – 3 ЗЕТ (108 ч)						
Тема 1. Классификация моделей и виды моделирования	-	-	-	-	12	12
Тема 2. Цели моделирования, этапы разработки моделей, методы исследования технологических процессов и систем	-	-	-	-	18	18
Тема 3. Построение математических моделей аналитическими методами	-	4	4	-	22	30

Номер и наименование темы, вид учебной работы	Объем учебной работы, ч					
	Контактная работа				СРС	Всего
	ЛК	ЛЗ	ПЗ	РЭ		
Тема 4. Построение математических моделей экспериментальными методами	-	2	2	-	24	28
Тема 5. Использование качественной информации для синтеза моделей управления	-	-	-	2	13,5	15,5
Учебные занятия	-	6	6	2	89,5	103,5
Промежуточная аттестация	зачет					4,5
Итого по дисциплине						108

ЛК – лекции, *ЛЗ* – лабораторные занятия, *ПЗ* – практические занятия, *РЭ* – контактная работа посредством электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС), *СРС* – самостоятельная работа студентов.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ

Тема 3. Построение математических моделей аналитическими методами

Перечень изучаемых вопросов:

Аналитические методы математического описания процессов и систем. Введение допущений, упрощающих процедуру построения математической модели. Примеры аналитического построения простейших моделей.

Методические указания к изучению:

Приводятся аналитические методы математического описания процессов и систем.

Литература:

1. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем: учеб. пособие: [16+] / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. – 4-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2021. – 271 с.: схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344> (дата обращения: 25.10.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9765-1278-8. – Текст: электронный.

2. Барботько, А.И. Основы теории математического моделирования: учеб. пособие / А.И. Барботько, А.О. Гладышкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 209 с.
3. Жмудь, В.А. Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Жмудь; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2012. - 124 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Контрольные вопросы:

1. Анализ технологических процессов как объектов моделирования.
2. Аналитические методы математического описания процессов и систем.
3. Введение допущений, упрощающих процедуру построения математической модели.
4. Примеры аналитического построения простейших моделей.
5. Математические модели типовых технологических процессов.

Тема 4. Построение математических моделей экспериментальными методами

Перечень изучаемых вопросов:

Этапы получения многомерной модели объекта. Получение уравнения множественной регрессии методом Брандона. Динамическая идентификация объектов. Методы частотных и временных характеристик. Динамическая идентификация объектов методом Калмана.

Методические указания к изучению:

Рассматриваются этапы получения многомерной модели объекта.

Литература:

1. Гутова, С. Г. Моделирование систем автоматического регулирования: учеб. пособие: [16+] / С. Г. Гутова, Е. С. Каган; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. – 230 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=684982> (дата обращения: 25.10.2022). – Библиогр.: с. 186-191. – ISBN 978-5-8383-2741-6. – Текст: электронный.
2. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем: учеб. пособие: [16+] / В. И. Аверченков, В. П.

Федоров, М. Л. Хейфец. – 4-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2021. – 271 с.: схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344> (дата обращения: 25.10.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9765-1278-8. – Текст: электронный.

3. Барботько, А.И. Основы теории математического моделирования: учеб. пособие/ А.И. Барботько, А.О. Гладышкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 209 с.
4. Жмудь, В.А. Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Жмудь; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2012. - 124 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Контрольные вопросы:

1. Цели и задачи экспериментальных промышленных исследований технологических объектов управления (ТОУ).
2. Алгоритм проведения промышленных исследований ТОУ.
3. Активный и пассивный метод проведения эксперимента. Тестовые сигналы.
4. Статическая идентификация многомерных объектов.
5. Модели и методы диагностики дискретных систем.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Особое место в структуре дисциплины занимает лабораторный практикум, включающий в себя семь лабораторных работ. Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лабораторного занятия	Очная форма, ч	Заочная форма, ч
3	Построение переходной кривой в пакете прикладных программ VisSim.	2	-
3	Моделирование одноконтурной системы автоматического регулирования (САР).	4	2
3	Моделирование линейной САР.	6	

Номер темы	Содержание лабораторного занятия	Очная форма, ч	Заочная форма, ч
3	Моделирование импульсной САР.	4	
3	Моделирование релейной САР.	4	
3	Построение имитационных моделей подсистем с передаточными функциями: емкости, теплообменного аппарата, печи с огневым нагревом, используя пакет прикладных программ Vissim.	6	2
4	Построение моделей объектов управления по переходным характеристикам.	4	2
	ИТОГО:	30	6

Лабораторный практикум проводится в компьютерном классе кафедры цифровых систем и автоматики №143а ГУК. Студент в ходе лабораторного практикума согласно методическим указаниям и заданию преподавателя выполняет работы, связанные с моделированием систем автоматического регулирования технологических параметров. Защита лабораторной работы проводится на основании выполненного отчета по лабораторной работе, а также ответа на контрольные вопросы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

На практических занятиях используется разбор заданий, связанных с методикой разработки математических моделей. Активность студентов и проявленные знания при обсуждении материала учитываются при текущей и промежуточной (заключительной) аттестации по дисциплине. Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического занятия	Очная форма, ч	Заочная форма, ч
3	Построение топологической модели технологического объекта.	2	-
3	Примеры аналитического построения простейших моделей	2	-
3	Применение метода Брандона для построения уравнения множественной регрессии.	2	-

Номер темы	Содержание практического занятия	Очная форма, ч	Заочная форма, ч
	Применение метода Калмана для динамической идентификации объекта.	2	-
	Применение метода активизации пути для построения моделей диагностики дискретных систем.	2	-
3	Создание модели объекта регулирования расхода жидкости или газа (на примере трубопровода).	2	1
3	Создание модели объекта с самовыравниванием и без самовыравнивания (на примере емкости для жидкости). Регулирование уровня жидкости.	2	1
3	Создание модели регулирования давления газа (на примере емкости с идеальным перемешиванием газа).	2	1
3	Создание модели теплового процесса (на примере экзотермического реактора с рубашкой).	2	1
3	Создание модели теплового процесса с распределенными параметрами (на примере теплообменника типа «труба в трубе»).	2	-
3	Определение динамических характеристик объекта управления по кривой разгона. Рассчитать настройки ПИД-регулятора, обеспечивающие 20%-е перерегулирование.	2	-
4	Обработка результатов исследования пассивных экспериментов (метод средних и метод наименьших квадратов).	2	1
4	Обработка результатов однофакторных экспериментов. Методы нахождения коэффициентов уравнения регрессии для аппроксимации опытных данных линейной зависимостью и показательной функцией.	2	-
4	Обработка результатов полнофакторных экспериментов. Представление результатов опытов в виде математической модели.	2	1
4	Математическое описание циклических технологических процессов.	2	-

Номер темы	Содержание практического занятия	Очная форма, ч	Заочная форма, ч
	ИТОГО:	30	6

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине, а также работа в ЭИОС университета может проводиться в том числе в компьютерном классе (лаб. 143а, главный учебный корпус), оснащённом персональными компьютерами с выходом в сеть Интернет. Объем (трудоёмкость освоения) и формы СРС приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Объем (трудоёмкость освоения) и формы СРС

№ п/п	Вид (содержание) СРС	Кол-во часов		Форма контроля, аттестации
		очная форма	заочная форма	
1	Освоение теоретического учебного материала (в том числе подготовка к практическим занятиям, оформление работ, подготовка к защите лабораторных работ)	45,85	65,5	Текущий контроль: - контроль на практических занятиях; - защита лабораторных работ
2	Индивидуальные контрольные задания	-	24	Текущий контроль: -защита индивидуальных контрольных заданий
Итого		45,85	89,5	

При выполнении контрольной работы для студентов заочной формы обучения предлагается в соответствии с заданным вариантом разработать модель технологического объекта.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЙ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса по изучению дисциплины основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

В ходе изучения дисциплины внимание студентов постоянно акцентируется не только на теоретическом аспекте моделирования систем и процессов, но и их практическом применении. Для успешного освоения дисциплины необходимо ознакомиться с базовыми понятиями информационных технологий автоматизированных производств.

При проведении занятий в интерактивной форме важно участвовать в процессе обсуждения и решения поставленных задач проектирования моделей систем и процессов, задавать преподавателю вопросы с целью уяснения теоретических положений, области их применения, разрешения спорных ситуаций. Активность студентов и проявленные знания при обсуждении материала и устном опросе учитываются при текущей и промежуточной (заключительной) аттестации по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов призвана закрепить теоретические знания и практические навыки, полученные студентами на практических и лабораторных занятиях и проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать специальную литературу.

ТРЕБОВАНИЯ К АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. ТЕКУЩАЯ АТТЕСТАЦИЯ

Текущая аттестация (текущий контроль) проводится с целью оценки освоения учебного материала на практических и лабораторных занятиях, в том числе в рамках самостоятельной работы студента.

Положительная оценка («зачтено») по результатам каждого контроля (опроса) на практических занятиях выставляется в соответствии с универсальной системой оценивания, приведенной в таблице 6. В случае получения оценки «не зачтено» студент должен пройти повторный контроль по данной теме в ходе последующих консультаций.

Текущий контроль в виде защиты лабораторных работ проводится на лабораторном практикуме, целью которого является формирование умений и

навыков по разработке моделей систем и процессов. Защита лабораторной работы проводится на основании выполненного отчета представления ее результатов на компьютере, а также ответа на контрольные вопросы к лабораторным работам. Студент, самостоятельно выполнивший задание, продемонстрировавший знание использованных им технических и программных средств получает по лабораторной работе оценку «зачтено».

С целью контроля качества самостоятельной работы студентов заочной формы запланировано выполнение и защита контрольной работы. Система оценивания и критерии оценки контрольной работы приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Система оценивания критерии оценки контрольной работы

Критерий	Система оценок			
	2	3	4	5
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
2 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений,	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставлен	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ	В состоянии осуществлять систематический и научно-

Критерий	Система оценок			
	2	3	4	5
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	ной информации	предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
3 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

2 ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. Оценка «зачтено» выставляется студентам:

- выполнившим и защитившим все лабораторные работы, предусмотренные данным положением (получившим положительную оценку по результатам лабораторного практикума);
- имеющим положительную оценку («зачтено») по результатам выполнения практических заданий;
- выполнившим и защитившим контрольную работу студентами заочной формы обучения.

Зачёт проводится устно. Студенту предлагается один из списка контрольных вопросов. При оценивании ответа учитывается правильность и полнота ответа на вопрос.

Оценка по зачету (процент правильных ответов (таблица 7)) учитывает результаты работы студента в семестре, а также знания, умения и навыки, продемонстрированные в процессе обучения и на аттестации по дисциплине.

Таблица 7 – Система оценок и критерии выставления оценки при прохождении тестирования или ответа на контрольные вопросы

Критерий	Система оценок			
	Процент правильных ответов			
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Освоение стандартны	В состоянии решать только	В состоянии решать	В состоянии решать	Не только владеет

Критерий	Система оценок			
	Процент правильных ответов			
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«не зачтено»	«зачтено»		
х алгоритмов решения профессио- нальных задач	фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Получите передаточную функцию для трубопровода в виде инерционного звена первого порядка (с учетом уравнения Бернулли). Определите постоянную времени T , коэффициент передачи k по каналу: перепад давления на трубопроводе- расход жидкости $\Delta p-Q$.
2. Дайте формулировку материального баланса в статике и динамике.
3. Имеется емкость, куда непрерывно поступает вода и непрерывно идет откачка воды из емкости. Какой моделью описывается такой объект управления, если управлением является расход воды в ёмкость, а выходной переменной – уровень?
4. А если управление – расход воды из ёмкости? Запишите эти модели в форме дифференциального уравнения и в форме передаточной функции.
5. Как будет выглядеть переходная характеристика такого объекта управления?
6. Какой будет модель относительно уровня, если управление – расход воды в емкость, а из емкости вода бежит самотеком? С какой целью проводится упрощение этой модели?
7. Получите уравнение статики и динамики для ёмкости с идеальным перемешиванием газа, используя уравнение Менделеева-Клайперона.
8. Получите передаточную функцию для емкости с газом по каналу управления, определите T и k в общем виде.
9. Дайте определение энергетического баланса в статике и динамике.

10. Приведите пример применения энергетического баланса для построения математической модели, описывающей изменение температуры в аппарате-смесителе, в котором смешиваются два входных потока: горячий и холодный.
11. Запишите уравнение теплового баланса для экзотермического реактора.
12. Запишите уравнение теплового баланса для рубашки в реакторе.
13. Экзотермический реактор с рубашкой. Запишите передаточную функцию объекта по каналу: изменение расхода охлаждающей воды в рубашку - изменение температуры в рубашке.
14. Экзотермический реактор с рубашкой. Запишите передаточную функцию объекта по каналу: изменение температуры в рубашке – изменение температуры в реакционной зоне реактора.
15. Что представляет собой разгонная характеристика (кривая разгона)? Как снимают кривую разгона?
16. Как по экспериментальной кривой разгона можно определить выражение для передаточной функции?
17. Экспериментальный метод определения параметров настроек регулятора (метод Циглера - Никольса).
18. В чем удобство матричного метода наименьших квадратов МНК по сравнению с традиционным?
19. Определите коэффициенты модели $y = a_1*x + a_2*x^2$ с помощью МНК по следующим данным. Измерения x : 1; 2; 0; 2; 1. Соответствующие измерения y : 3; 10; -2; 8; 5.
20. Что такое линейный регрессионный анализ? Компоненты регрессионного анализа.
21. Как рассчитываются коэффициенты одномерной линейной регрессионной модели.
22. Что понимают под нелинейной регрессией?
23. Какие существуют классы нелинейной регрессии?
24. Какие существуют виды нелинейной регрессии?
25. Для какого класса регрессий применим МНК?
26. На каких принципах базируется методика полного факторного эксперимента ПФЭ?
27. Дайте понятие основного уровня, интервала варьирования фактора.
28. Как проводят эксперимент, согласно матрице планирования?
29. Как проверить воспроизводимость опытов при ПФЭ?
30. Как установить значимость коэффициентов уравнения регрессии?
31. Как установить адекватность уравнения регрессии?
32. С какой целью и как проводят рандомизацию опытов?

33. Как вычисляют коэффициенты уравнения регрессии?
34. Как выполняют построение матрицы планирования типа 2^n ?
35. Структура логико-динамической модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе изучения дисциплины предусматривается применение эффективных методик обучения, которые предполагают постановку вопросов проблемного характера с разрешением их, как непосредственно в ходе занятий, так и в ходе самостоятельной работы. Реализация программы предполагает использование интерактивных форм проведения практических и лабораторных занятий. Проведение лабораторных занятий подразумевает обучение, построенное на групповой совместной деятельности студентов, в том числе с использованием персонального компьютера.

Самостоятельная работа имеет особое значение для прочного усвоения материала. Она помогает научиться правильно, ориентироваться в научной литературе, самостоятельно мыслить и находить правильные ответы на возникающие вопросы. В ходе всех видов занятий происходит углубление и закрепление знаний студентов, вырабатывается умение правильно излагать свои мысли.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет привить студентам умения и навыки в овладении, изучении, усвоении и систематизации приобретаемых знаний в процессе обучения, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, привить навыки повышения профессионального уровня в течение всей трудовой деятельности.

Освоение дисциплины «Практикум по моделированию систем и процессов» является одним из основополагающих шагов к формированию будущего специалиста в области автоматизации технологических процессов и производств. Приобретенные в ходе изучения дисциплины знания, умения и навыки будут углубляться и совершенствоваться в процессе дальнейшего обучения и могут быть применены в профессиональной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гутова, С. Г. Моделирование систем автоматического регулирования: учеб. пособие: [16+] / С. Г. Гутова, Е. С. Каган; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. – 230 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=684982> (дата обращения: 25.10.2022). – Библиогр.: с. 186-191. – ISBN 978-5-8383-2741-6. – Текст: электронный.
2. Советов, Б. Я. Моделирование систем: учеб. / Б. Я. Советов, С.А. Яковлев; ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина). – 7-е изд. – Москва: Юрайт, 2015. – 343 с.
3. Буканова, Т. С. Моделирование систем управления: учеб. пособие: [16+] / Т. С. Буканова, М. Т. Алиев; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 144 с.: ил., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483694> (дата обращения: 25.10.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8158-1899-6. – Текст: электронный.
4. Глазунов, Ю. Т. Моделирование процессов пищевых производств: учеб. пособие/ Ю. Т. Глазунов, А. М. Ершов, М. А. Ершов. – Москва: Колос, 2008. – 356 с.
5. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем: учеб. пособие: [16+] / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. – 4-е изд., стер. – Москва: ФЛИНТА, 2021. – 271 с.: схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344> (дата обращения: 25.10.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9765-1278-8. – Текст: электронный.
6. Барботько, А. И. Основы теории математического моделирования: учеб. пособие/ А. И. Барботько, А. О. Гладышкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. – 209 с.
7. Жмудь, В. А. Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Жмудь; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2012. - 124 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Локальный электронный методический материал

Наталья Сергеевна Будченко

Практикум по моделированию систем и процессов

Редактор Г. А. Смирнова

Уч.-изд. л. 1,5. Печ. л. 1,4

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1