

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

И. С. Будченко

ПРАКТИКУМ ПО ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

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, И. С.

Практикум по теории автоматического управления : учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств / И. С. Будченко. – Калининград : Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 15 с.

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

Табл. 6, список лит. – 6 наименований

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями утвержденной рабочей программы модуля «Профессиональный модуль (В)» 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» 17 марта 2023 г., протокол № 2.

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Введение.....	4
2 Тематический план.....	5
3 Содержание дисциплины и указания к изучению	9
3.1 Тема 2. Линейные непрерывные модели и характеристики САУ	9
3.2 Тема 3. Анализ и синтез линейных моделей САУ.....	9
3.3 Тема 4. Нелинейные модели САУ	10
3.4 Тема 5. Линейные дискретные модели САУ.....	10
4 Требования к аттестации по дисциплине	10
4.1 Текущая аттестация.....	10
4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине	12
5 Заключение.....	14
6 Литература	15

1 ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств, изучающих дисциплину «Практикум по теории автоматического управления». Практикум по теории автоматического управления проводится совместно с дисциплиной «Теория автоматического управления».

Целью освоения модуля является формирование у студентов знаний и умений построения типовых линейных и дискретных моделей технологических процессов, их временных и частотных характеристик, оценка устойчивости работы систем.

Задачи изучения модуля:

- изучение аппарата математического описания технологических процессов и производств;
- изучение компьютерных программ моделирования;
- умение самостоятельного моделирования систем автоматического управления технологических процессов и производств.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем автоматического управления (САУ);
- основные методы анализа и синтеза САУ;
- основные принципы, виды и законы управления в технических системах;
- математические методы описания, анализа и синтеза линейных непрерывных (аналоговых) и прерывных (дискретных) систем;
- методы анализа нелинейных и стохастических систем;
- методы синтеза оптимальных и адаптивных систем;

уметь:

- строить математические модели объектов управления и САУ;
- рассчитывать основные количественные показатели САУ, выполнять анализ ее устойчивости;
- математически описывать САУ;
- составлять передаточные функции объектов и систем;
- строить операторные схемы с их минимизацией;
- строить амплитудные, частотные и фазовые характеристики систем;
- исследовать модели автоматических систем известными методами, применяя компьютерные технологии (программы Solid Thinking Embed, Mathcad, Matlab и др.);

владеть:

- методами математического анализа и моделирования систем;
- навыками работы в прикладных компьютерных программах моделирования автоматических систем;
- методами теоретических и экспериментальных исследований для решения конкретных задач.

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-либо 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.

2 ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (ЗЕТ), т. е. 180 академических часов контактной работы – практических и лабораторных занятий, а также самостоятельной учебной работы студента, включая работу, связанную 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, пятый семестр – зачет, шестой семестр – зачет;

заочная форма, пятый семестр – контрольная работа, зачет; шестой семестр – контрольная работа, зачет.

Тематический план и трудоемкость практических занятий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

№ ПЗ	№ темы дисциплины	Содержание семинарского/практического занятия	Кол-во часов ПЗ	
			Очная форма	Заочная форма
5-й семестр				
1	2	Линеаризовать уравнения статики и динамики в окрестностях номинальных режимов	6	1
2	3	По заданным дифференциальным уравнениям определить операторные уравнения при нулевых начальных условиях, передаточные функции, структурные схемы звеньев, характеристические уравнения и их корни. Показать распределение корней на комплексной плоскости. Оценить устойчивость каждого из звеньев	5	1
3	3	По заданным передаточным функциям получить оригиналы $y(t)$	5	-
Итого			16	2
6-й семестр				
4	3	По заданным передаточным функциям определить частотные характеристики (АФХ, АЧХ и ФЧХ).	10	1
5	3	Дана одноконтурная САР, для которой определена передаточная функция регулятора (Р) с настройками и дифференциальное уравнение объекта управления (ОУ). Требуется определить: - передаточную функцию разомкнутой системы $W_{\infty}(s)$, - характеристическое выражение замкнутой системы (ХВЗС), - передаточные функции замкнутой системы $\Phi_3(s)$ – по заданию, $\Phi_b(s)$ – по возмущению, $\Phi_E(s)$ – по ошибке, - коэффициенты усиления АСР, - устойчивость системы	10	1
6	2,3	По приведенной схеме САР выполнить: - построение структурной схемы нескорректированной системы и определение передаточных функций ее звеньев; - построение желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики; - определение желаемых передаточных функций разомкнутой и замкнутой системы	5	1
7	5	По приведенной схеме САР выполнить: - синтез последовательного корректирующего устройства (регулятора); - реализацию корректирующего устройства в виде аналогового и цифрового регуляторов; - построение и описание функциональной схемы скорректированной системы (с приведением параметров САУ и ее показателей качества)	5	1
Итого			30	4

Особое место в структуре дисциплины занимает практикум, включающий в себя девять лабораторных работ (таблица 2).

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер п/п	Содержание лабораторного занятия	Очная форма, ч	Заочная форма, ч
5-й семестр			
1	Исследование характеристик типовых звеньев линейных САР	2	1
2	Исследование характеристик типовых соединений звеньев	3	1
3	Исследование влияния структуры и параметров линейной САР на ее статические и динамические характеристики	5	1
4	Исследование настройки регулятора одноконтурной САР	4	1
Итого		14	4
6-й семестр			
5	Исследование многосвязной САР	6	2
6	Анализ и синтез каскадной САР	6	1
7	Исследование позиционной САР	6	1
8	Исследование прохождения случайного сигнала через линейную САР	6	1
9	Исследование одноконтурной цифровой САР	6	1
Итого		30	6

Лабораторный практикум проводится в компьютерном классе кафедры цифровых систем и автоматики, оснащенном персональными компьютерами с программным обеспечением (пакетом Solid Thinking Embed).

Студент в ходе лабораторного практикума согласно методическим указаниям и заданию преподавателя выполняет лабораторные работы.

Защита лабораторной работы проводится на основании выполненного графического и программного представления ее результатов на компьютере, а также ответа на контрольные вопросы.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине, а также работа в ЭИОС университета может проводиться в компьютерном классе (лаб. 143а, главный учебный корпус) кафедры автоматизации производственных процессов, оснащенном персональными компьютерами с выходом в сеть Интернет.

Объем и формы самостоятельной работы студентов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Объем (трудоемкость 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 т. ч. подготовка к практическим и лабораторным занятиям, оформление работ, подготовка к защите лабораторных работ)	85,7	135	Текущий контроль: - контроль на ПЗ; - защита лабораторных работ
2	Контрольная работа (для студентов заочной формы)		16	Текущий контроль: - защита контрольной работы
Итого		85,7	151	

При выполнении контрольной работы для студентов заочной формы обучения предлагается в соответствии с заданным вариантом:

1. Построить линеаризованную модель для звена, которое описывается нелинейным дифференциальным уравнением.

2. Разомкнутые системы. Определить, какие простейшие звенья можно выделить в составе звена с передаточной функцией.

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.

Для планирования работы студента в начале семестра производится выдача тем для самостоятельного изучения, определяются источники информации и график проведения текущего контроля. В качестве источников информации рекомендуется наряду с учебными пособиями использовать периодические издания (журналы) из области профессиональной деятельности.

На практических занятиях изложению нового материала предшествуют обсуждение предыдущей темы с целью восстановления и закрепления студентами изученного теоретического и практического материала и ответы на вопросы студентов. В конце практического занятия выделяется время для ответов на вопросы по текущему материалу и его обсуждению.

Для закрепления изученного материала, определения пробелов в знаниях студентов на практических занятиях проводится контроль (устный опрос). Активность студентов и проявленные знания при обсуждении материала и

устном опросе учитываются при текущей и промежуточной (заключительной) аттестации по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

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

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Содержательно структура дисциплины представлена четырьмя тематическими блоками (темами).

3.1 Тема 2. Линейные непрерывные модели и характеристики САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Типовые звенья и их временные и частотные характеристики. Безынерционные, апериодические, интегрирующие, дифференцирующие и др. типовые звенья и их временные и частотные характеристики, графики.

Методические указания к изучению:

Изучить временные и частотные характеристики типовых звеньев линейных САУ.

Литература:

Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник : [16+] / О. Л. Цветкова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 209 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 14.04.2023).

3.2 Тема 3. Анализ и синтез линейных моделей САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Устойчивость линейных систем. Устойчивость линейной системы: понятие устойчивости состояния, необходимое и достаточное условие устойчивости состояния, алгебраические и частотные критерии устойчивости (Гурвица, Михайлова, Найквиста); качества. Понятие об астатизме системы. Точность автоматических систем, коэффициенты ошибок.

Методические указания к изучению:

Рассматриваются критерии устойчивости линейных систем.

Литература:

Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник : [16+] / О. Л. Цветкова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 209 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 14.04.2023).

3.3 Тема 4. Нелинейные модели САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Характеристики нелинейных систем. Понятие нелинейной системы: нелинейный объект, нелинейный регулятор. Особенности нелинейных систем. Модели нелинейных элементов. Устойчивость нелинейных систем.

Методические указания к изучению:

Рассматриваются характеристики нелинейных систем.

Литература:

Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник : [16+] / О. Л. Цветкова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 209 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 14.04.2023).

3.4 Тема 5. Линейные дискретные модели САУ

Перечень изучаемых вопросов:

Теорема Котельникова и получение импульсных сигналов. Преобразование Лапласа и z-преобразование для импульсных сигналов. Классификация дискретных систем по виду квантования. Понятие об импульсных системах, обобщенные структурные схемы импульсных систем.

Методические указания к изучению:

Рассмотрение дискретного преобразования Лапласа решетчатой функции.

Литература:

Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник : [16+] / О. Л. Цветкова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 209 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 14.04.2023).

4 ТРЕБОВАНИЯ К АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Текущая аттестация

Текущая аттестация (текущий контроль) проводится с целью оценки освоения теоретического учебного материала, в том числе в рамках самостоятельной работы студента.

Контроль на практических занятиях производится в виде устного опроса. Типовые контрольные вопросы для устного опроса по темам приведены ниже.

Положительная оценка («зачтено») по результатам каждого контроля (опроса) выставляется в соответствии с универсальной системой оценивания, приведенной в таблице 4. В случае получения оценки «не зачтено» студент должен пройти повторный контроль по данной теме в ходе последующих консультаций.

Таблица 4 – Система оценок и критерии выставления оценки при прохождении контроля (опроса)

Критерий	Система оценок			
	«не зачтено»	«зачтено»		
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из них может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимых 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

Текущий контроль в виде защиты лабораторных работ осуществляется на лабораторном практикуме, целью которого является формирование умений и навыков по исследованию автоматических систем известными методами, применяя компьютерные технологии (программы Solid Thinking Embed, Mathcad, Matlab и др.).

Защита лабораторной работы проводится на основании выполненного графического и программного представления ее результатов на компьютере, а также ответа на контрольные вопросы к лабораторным работам [4]. Студент, самостоятельно выполнивший задание, продемонстрировавший знание использованных им 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 5.

Таблица 5 – Система оценивания и 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 и выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

Критерий	Система оценок			
	2	3	4	5
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
2 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений; в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-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

4.2 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.

Зачет 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 б)) учитывает результаты работы студента в семестре, а также знания, умения и навыки, продемонстрированные в процессе обучения и на аттестации по дисциплине.

Таблица 6 – 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 них 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 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

Контрольные вопросы по дисциплине

1. Понятие системы управления. Классификация систем управления.
2. Линеаризация дифференциальных уравнений. Статическая характеристика звена.
3. Преобразование Лапласа. Передаточная функция звена. Анализ линейных систем с помощью преобразования Лапласа.
4. Весовая и переходная функции звена.
5. Понятие состояния. Модели звеньев в пространстве состояний.
6. Частотные характеристики звеньев.
7. Логарифмические частотные характеристики.
8. Позиционные звенья (безынерционное, апериодическое, колебательное) и их характеристики.
9. Интегрирующие и дифференцирующие звенья и их характеристики.
10. Структурные схемы, их преобразование.
11. Требования к процессу управления.

12. Устойчивость по Ляпунову. Устойчивость линеаризованных систем.
13. Критерий устойчивости Гурвица.
14. Критерий устойчивости Найквиста.
15. Критерий устойчивости Найквиста для логарифмических частотных характеристик.
16. Основные параметры переходного процесса.
17. Частотные оценки качества (запасы устойчивости, показатель колебательности).
18. Постоянные ошибки. Статические и астатические системы.
19. Характеристическое уравнение системы. Корневые оценки качества (степень устойчивости, колебательность).
20. Простейшие корректирующие устройства: П-, ПИ-, ПД-, ПИД-регуляторы.
21. Коррекция по внешнему воздействию. Инвариантность.
22. Прямой корневой метод синтеза регулятора (метод размещения полюсов).

5 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 позволяют привить студентам умения и навыки в овладении, изучении, усвоении и систематизации приобретаемых в процессе обучения знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, культивировать способность к повышению профессионального уровня в течение всей трудовой деятельности.

Освоение дисциплины «Практикум по теории автоматического управления» 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.

6 ЛИТЕРАТУРА

1. Сердобинцев, С. П. Теория автоматического управления: оптимальные и адаптивные системы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки: «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»; «Конструкторско-техническое обеспечение машиностроительных производств»; «Автоматизированные технологии и производства» / С. П. Сердобинцев ; Калининградский государственный технический университет, 2010. – 204 с.

2. Шамшина, И. Г. Теория автоматического управления. Линейные непрерывные системы : учебное пособие для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения : [16+] / И. Г. Шамшина ; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2022. – 145 с. ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=698607> (дата обращения: 14.04.2023). – Библиогр.: с. 136. – ISBN 978-5-88871-760-8. – Текст : электронный.

3. Аббасова, Т. С. Теория автоматического управления : учебное пособие : [16+] / Т. С. Аббасова, Э. М. Аббасов ; Технологический университет, Факультет инфокоммуникационных систем и технологий, кафедра информационных технологий и управляющих систем. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 62 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=594520> (дата обращения: 14.04.2023). – Библиогр.: с. 45. – ISBN 978-5-4499-0608-3. – Текст : электронный.

4. Цветкова, О. Л. Теория автоматического управления : учебник : [16+] / О. Л. Цветкова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 209 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (дата обращения: 14.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-8334-7. – DOI 10.23681/443415. – Текст : электронный.

5. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления : учеб. / В. Я. Ротач. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : МЭИ, 2008. – 394 с.

6. Шишмарев, В.Ю. Теория автоматического управления : учеб. / В. Ю. Шишмарев. – Москва : Академия, 2012. – 352 с.

Локальный электронный методический материал

Будченко Ирина Сергеевна

ПРАКТИКУМ ПО ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Редактор М. А. Дмитриева

Уч.-изд. л. 0,7. Печ. л. 0,9.

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