

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учебно-методическое объединение по образованию
в области автоматизации технологических процессов, производств и
управления**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ В.А. Богуш

Регистрационный № ТД- _____

**ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для направления специальности**

**1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств
(машиностроение и приборостроение)»**

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию
в области автоматизации технологических
процессов, производств и управления

_____ Г.Н. Здор

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А. Касперович

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 201__

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.С. Фролов, доцент кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Технология машиностроения» учреждения образования «Барановичский государственный университет» (протокол № ____ от _____);

Л.М. Акулович, профессор кафедры «Технология металлов» учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета (протокол № ____ от _____);

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (секция «Совершенствование учебного процесса и учебно-нормативной документации») (протокол № ____ от _____);

Учебно-методическим объединением по образованию в области автоматизации технологических процессов, производств и управления (протокол № ____ от _____).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Теория автоматического управления технологическими системами» разработана для учреждений высшего образования Республики Беларусь в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I степени по специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)».

Целью учебной дисциплины является расширение технического кругозора студентов, знакомство с основными тенденциями автоматизации управления производством и освоение общих принципов и средств, необходимых для управления динамическими системами различной физической природы применительно к производственным и технологическим процессам в машиностроении.

Дисциплина призвана сформировать у студентов системный подход к решению актуальных задач управления автоматизированными производственными и технологическими процессами на базе современного программно-управляемого оборудования и средств вычислительной техники.

Основными задачами учебной дисциплины являются: приобретение студентами знаний по общим принципам и тенденциям развития современных систем управления технологическими и производственными процессами; освоение основ построения и методов проектирования систем управления; ознакомление с современными техническими средствами управления и управляющей вычислительной техникой; приобретение умения разрабатывать математические модели отдельных подсистем.

Дисциплина «Теория автоматического управления технологическими системами» базируется на усвоении студентами фундаментальных положений дисциплин: «Математика» (линейные и нелинейные дифференциальные уравнения; операционное исчисление - понятие об оригинале и изображении, прямые и обратные преобразования по Лапласу; теория комплексных переменных; матрицы и определители и др.), «Физика» (теория колебаний, сухое и вязкое трение, электричество и магнетизм), «Теоретическая механика» (динамика поступательного и вращательного движений и др.), «Информатика», «Электротехника, электрические машины и аппараты», «Электроника и микропроцессорная техника», «Гидро- и пневмоавтоматика».

Материал дисциплины служит теоретической основой для изучения специальных дисциплин и дисциплин специализаций: «Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов», «Автоматизация производственных процессов», «Технология обработки на станках с ЧПУ», «Основы автоматизации конструирования технических систем», «САПР технологических процессов и средств автоматизации» и др.

В результате освоения дисциплины «Теория автоматического управления технологическими системами» студент должен

знать:

- принципы и виды систем автоматического управления (САУ) технологическими системами (ТС);
- виды САУ, принципы их построения;
- возможности САУ;

уметь:

- выбрать САУ ТС с учетом требований к ТС;
- оценить устойчивость и эффективность САУ;
- исключать или уменьшать источники погрешностей САУ;

владеть:

- принципами автоматического управления (САУ) технологическими системами (ТС);
- видами САУ и принципами их построения;
- методами оценки устойчивости и эффективности САУ.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

СЛК-7. Использовать знания основ социологии, физиологии и психологии труда.

ПК-1. Разрабатывать технологию жизнеобеспечения систем автоматизации в области химико-технологических процессов, технологических процессов сбора, передачи и обработки информации энергопотребления, производств лесной, пищевой, машиностроительной, энергетической и аграрной промышленности.

ПК-11. Внедрять современные микропроцессорные системы автоматизации, осуществлять переналадку оборудования.

ПК-23. Разрабатывать проектно-сметную и другую документации с учетом технико-экономического обоснования.

На изучение учебной дисциплины «Теория автоматического управления технологическими системами» отведено всего 84 часа, из них – 50 аудиторных часов.

Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий:

лекции — 34 ч.;

практические занятия — 16 ч.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела и темы	Количество аудиторных часов		
	Лекции	Практические занятия	Всего
Введение	1	-	1
Раздел I. Принципы построения систем автоматического управления и их классификация	4	2	6
Тема 1.1. Основные принципы автоматического управления	2	-	2
Тема 1.2. Классификация систем автоматического управления	2	2	4
Раздел II Математическое описание линейных систем автоматического управления	10	6	16
Тема 2.1. Статические характеристики элементов и САУ	2	2	4
Тема 2.2. Составление и решение уравнений динамических режимов САУ	2	-	2
Тема 2.3. Динамические характеристики элементов и САУ	2	2	4
Тема 2.4. Типовые динамические звенья	2	-	2
Тема 2.5. Структурные схемы САУ	2	2	4
Раздел III Устойчивость линейных систем автоматического управления	6	2	8
Тема 3.1. Основные понятия об устойчивости САУ	2	-	2
Тема 3.2. Критерии устойчивости САУ	2	2	4
Тема 3.3. Понятие о запасе устойчивости	2	-	2
Раздел IV Качество процесса управления	4	2	6
Тема 4.1. Понятие о качестве процесса управления	2	2	4
Тема 4.2. Методы оценки качества переходных процессов САУ	2	-	2
Раздел V Синтез систем автоматического управления	4	2	6
Тема 5.1. Этапы и методы синтеза САУ	2	2	4
Тема 5.2. Способы коррекции САУ	2	-	2
Раздел VI Нелинейные системы автоматического управления	4	2	6
Тема 6.1. Понятие о нелинейных звеньях и системах	2	2	4
Тема 6.2. Методы исследования нелинейных САУ	2	-	2
Заключение	1	-	1
ВСЕГО	34	16	50

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Цели, задачи и содержание курса. Связь курса с общетеоретическими и специальными дисциплинами. История развития науки об управлении. Роль науки об управлении в решении производственных задач.

РАЗДЕЛ I. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Тема 1.1. Основные принципы автоматического управления

Основные понятия и определения теории автоматического управления, содержание понятий «объект управления», «управляющее устройство», «автоматическое управление», «система автоматического управления», «управляющее воздействие», «задающее воздействие», «возмущающее воздействие», «управляемая величина». Виды автоматического управления (разомкнутое и замкнутое, стабилизирующее, программное и следящее, оптимальное и адаптивное управление). Основные принципы автоматического управления (управление по задающему воздействию, по возмущению, по отклонению; виды обратных связей - главные и дополнительные, жесткие и гибкие, положительные и отрицательные; комбинированное управление).

Тема 1.2. Классификация систем автоматического управления

Классификация систем автоматического управления (по виду управления, по принципу действия, по характеру изменения задающего воздействия, по способности поддерживать с определенной степенью точности значение регулируемой величины, по виду сигналов управления, по характеру используемой информации об условиях работы, по виду математического описания, по количеству выходных координат объекта управления, по виду замкнутых контуров регулирования и др.). Функциональные схемы систем автоматического управления.

РАЗДЕЛ II МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Тема 2.1. Статические характеристики элементов и САУ

Понятие о математической модели системы управления. Понятие об установившемся процессе. Статические характеристики элементов и систем автоматического управления (аналитические и неаналитические, линейные и нелинейные, монотонные и экстремальные, непрерывные и релейные характеристики; семейства характеристик). Построение статических характеристик соединений элементов (параллельное и последовательное

соединения, соединение с обратной связью). Линеаризация статистических характеристик элементов и систем.

Тема 2.2. Составление и решение уравнений динамических режимов САУ

Понятие о динамическом режиме. Составление уравнений динамических режимов САУ. Линеаризация дифференциальных уравнений. Методы решения уравнений динамики (линейные и нелинейные, аналитические и графоаналитические, классический, операторный, частотный методы).

Тема 2.3. Динамические характеристики элементов и САУ

Математическое представление сигналов, виды управляющих и возмущающих воздействий. Динамические характеристики элементов и САУ (переходная, импульсная и передаточная функции, амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ), амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), фазо-частотная характеристика (ФЧХ), логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ), логарифмическая фазо-частотная характеристика (ЛФЧХ)).

Тема 2.4. Типовые динамические звенья

Типовые динамические звенья (безинерционное, апериодическое, колебательное, дифференцирующее, интегрирующее, запаздывающее) и их характеристики.

Тема 2.5. Структурные схемы САУ

Составление структурных схем САУ. Передаточные функции системы управления при различных включениях звеньев.

РАЗДЕЛ III УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Тема 3.1. Основные понятия об устойчивости САУ

Основные понятия об устойчивости САУ (содержание понятий «устойчивость», «устойчивость положения», «устойчивые и неустойчивые движения»; устойчивая, неустойчивая и нейтрально устойчивая динамические системы; устойчивость «в малом» и «в большом»; математическая формулировка условий устойчивости).

Тема 3.2. Критерии устойчивости САУ

Понятие о критерии устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости Гурвица и Рауса. Частотные критерии устойчивости Михайлова и Найквиста. Сравнение критериев устойчивости и рекомендации по их применению.

Тема 3.3. Понятие о запасе устойчивости

Понятие о запасе устойчивости (запас устойчивости по модулю и фазе, определение запаса устойчивости по ЛЧХ и критериям устойчивости). Метод Д-разбиения.

РАЗДЕЛ IV КАЧЕСТВО ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ

Тема 4.1. Понятие о качестве процесса управления

Понятие о качестве процесса управления. Основные показатели качества процесса управления (быстродействие, перерегулирование, точность, число колебаний и др.).

Тема 4.2. Методы оценки качества переходных процессов САУ

Методы оценки качества переходных процессов САУ (прямые и косвенные методы, метод распределения корней, интегральные методы, частотные методы).

РАЗДЕЛ V СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Тема 5.1. Этапы и методы синтеза САУ

Сущность задачи синтеза САУ. Основные этапы синтеза САУ. Методы синтеза САУ по заданным показателям качества процесса управления (графоаналитические и аналитические методы, математическое моделирование).

Тема 5.2. Способы коррекции САУ

Способы коррекции систем управления (последовательная и параллельная коррекция, подчиненное регулирование, коррекция по возмущению и др.). Синтез корректирующих устройств по логарифмическим частотным характеристикам.

РАЗДЕЛ VI НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Тема 6.1. Понятие о нелинейных звеньях и системах

Понятие о нелинейных звеньях и системах (содержание понятий «нелинейное звено», «нелинейная система»; структура нелинейной САУ и методика ее построения). Виды нелинейностей: «насыщение», «гистерезис», «ограничение», «люфт», «зона нечувствительности», «сухое трение», «релейные характеристики» и др.

Тема 6.2. Методы исследования нелинейных САУ

Методы исследования нелинейных САУ (методы решения нелинейных дифференциальных уравнений: припасовывания, фазовых траекторий, точечных преобразований, графоаналитические, численные, моделирования;

методы линеаризации нелинейных характеристик: малого параметра, гармонического баланса, статистической линеаризации и др.).

Заключение

Перспективы развития автоматических систем управления технологическими процессами металлообработки.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Поляков, К.Ю. Основы теории автоматического управления / К.Ю. Поляков. - СПб.: СПбГМТУ, 2016. - 234 с.
2. Юревич, Е.И. Теория автоматического управления / Е.И. Юревич. - СПб.: БХВ-Петербург, 2016. - 560 с.
3. Ерофеев, А.А. Теория автоматического управления / А.А. Ерофеев. - СПб.: Политехника, 2015. - 302 с.
4. Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев. - СПб.: Лань, 2010. - 224 с.
5. Савин, М.М. Теория автоматического управления: учебное пособие / М.М. Савин, В.С. Елсуков, О.Н. Пятина; под ред. В.И. Лачина. – Ростов-н/Д.: Феникс, 2007. - 469 с.
6. Анхимюк, В.Л. Теория автоматического управления / В.Л. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. - Минск: ДизайнПРО, 2000. - 352 с.
7. Теория автоматического управления /В.Н. Брюханов [и др.]; под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Высшая школа, 2000. - 268 с.

Дополнительная литература

1. Мирошник, И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы: учебное пособие / И.В. Мирошник. - СПб.: Питер, 2005. - 336 с.
2. Бесекерский, В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. - 752 с.
3. Клюев, А.С. Автоматическое регулирование / А.С. Клюев. - М.: Высшая школа, 1986. - 351 с.
4. Автоматика и автоматизация производственных процессов /В.П. Автушко [и др.]. - Минск: Вышэйшая школа, 1985. - 302 с.
5. Теория автоматического управления / А.А. Воронов [и др.]; под ред. А.А. Воронова, ч.1. - М.: Высшая школа, 1986. - 367 с.
6. Теория автоматического управления / А.А. Воронов [и др.]; под ред. А.А. Воронова, ч.2. - М.: Высшая школа, 1986. - 504 с.

7. Яшугин, Е.А. Теория линейных непрерывных САУ в вопросах и ответах: справочное пособие / Е.А. Яшугин. - Минск: Высшая школа, 1986. - 224 с.
8. Солодовников, В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.И. Плотников, А.В. Яковлев. - М.: Машиностроение, 1985. - 536 с.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- проведение текущих контрольных работ (заданий) по отдельным темам;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача зачета по дисциплине.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Схемы автоматизации различного назначения.
2. Анализ функциональных схем САУ.
3. Построение статических характеристик элементов и систем.
4. Линеаризация, составление и решение уравнений динамики.
5. Математическое описание САУ.
6. Определение передаточных функций и построение структурных схем САУ.
7. Преобразование структурных схем САУ.

8. Получение передаточных функций разомкнутых и замкнутых систем по задающему воздействию и возмущению.
9. Построение частотных характеристик САУ.
10. Расчет частотных характеристик системы (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ).
11. Определение устойчивости линейных САУ.
12. Анализ устойчивости системы по заданному критерию и построение области устойчивости по одному из параметров.
13. Оценка качества процесса управления.
14. Расчет качественных показателей переходного процесса системы управления.
15. Основы синтеза линейных САУ.
16. Особенности исследования нелинейных САУ.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

С целью активизации познавательной деятельности студентов рекомендуется широко использовать проблемные методы (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), способствующие более качественному и полному пониманию и усвоению учебного материала. Лекционные занятия необходимо чередовать с практическими занятиями.

При проведении занятий рекомендуется использовать информационные технологии, наглядные пособия, плакаты, макеты. При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами, Международную систему единиц (СИ).

Научно-методическое обеспечение дисциплины должно быть ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, развитие навыков анализа и самостоятельности в принятии инженерных решений в будущей инженерной деятельности, умение работать с научной и технической литературой.

Компьютерные программы, электронные учебно-методические пособия

В качестве компьютерного обеспечения дисциплины могут использоваться следующие компьютерные программы:

- расчет частотных характеристик САУ (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ);
- анализ устойчивости линейных САУ по заданному критерию;
- оценка качества процесса управления и др.