

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Политехнический институт (ИПТ)
Кафедра «Промышленных технологий»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПТ НовГУ
С.Б. Сапожков
22 мая 2023 г.

Рабочая программа
учебной дисциплины (модуля)
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
По направлениям подготовки
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
Направленность (профиль)
"Промышленная автоматизация процессов и производств"

СОГЛАСОВАНО
Начальник отдела обеспечения деятельности
ИПТ
О.В. Ушакова
«22» мая 2023 г.

Разработал
Доцент кафедры ПТ
Никуленков О.В.
«28» 04 2023 г.
Принято на заседании кафедры ПТ
Протокол № 8 от 03.05 2023 г.
Заведующий кафедрой ПТ
Д.А. Филиппов
«03» 05 2023 г.

1. Цели освоения учебного модуля

Цель изучения – овладение математической теорией методов расчёта систем автоматического управления и принципами построения САУ технологическими процессами, элементами и устройствами этих систем.

Основные задачи учебного модуля:

изучение понятий и законов автоматического управления;
изучение теоретических основ теории управления технологическим оборудованием и процессом;

- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области управления, основными алгоритмами математического моделирования процессов управления и функционирования систем с учетом внешних возмущений;
- формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений автоматического управления при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;

выбор необходимых элементов и устройств для автоматизации различных операций процесса металлообработки;

оценка качества систем автоматического управления технологическим процессом металлообработки и синтез устройства, улучшающих работу этих систем;

определение возможности различных систем автоматического управления процессом металлообработки при проектировании технологического процесса.

2. Место учебного модуля в структуре ООП направления подготовки

Учебный модуль Б1.О.27 «Теория автоматического управления» входит в вариативную часть профессионального цикла. Формируемые компетенции определяются Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» Направленность (профиль) "Промышленная автоматизация процессов и производств".

Учебный модуль базируется на следующих учебных модулях: "Математика", "Физика", "Электротехника и электроника".

Знания, полученные при изучении данной учебного модуля, могут быть полезны при изучении дисциплин и в выполнении выпускной квалификационной работы, а также в будущей трудовой деятельности.

3. Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенций:

ОПК- 1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

ОПК-11 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования.

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины		
ОПК – 1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Знать основные понятия естественнонаучных и инженерных дисциплин	Уметь применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Владеть навыками использования естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
ОПК-11 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования	Знать принципы построения отдельных устройств и подсистем мехатронных, робототехнических и автоматизированных систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники.	Уметь применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных, робототехнических и автоматизированных систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием.	Владеть навыками разработки цифровых алгоритмов и программ управления отдельных устройств и подсистем.

В результате освоения учебной дисциплины «Теория автоматического управления» обучающиеся должны продемонстрировать следующие результаты образования:

4. Структура и содержание учебного модуля «Теория автоматического управления»

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Таблица 1 – Очная форма обучения

4.1.1 Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения представлена в таблице 2, для заочной формы обучения - в таблице 3.

Таблица 2 - Трудоемкость учебной дисциплины для очной формы обучения

Части учебной дисциплины	Всего	Распределение по семестрам
		4 семестр
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах	4	4
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	56	56
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	--	--
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	88	88
5. Промежуточная аттестация <i>(ДЗ)</i>		

Таблица 3 - Трудоемкость учебной дисциплины для заочной формы обучения

Части учебной дисциплины	Всего	Распределение по семестрам	
		5 семестр	6 семестр
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах	4		
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	16	1	15
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) <i>(при наличии)</i>	–		
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	128	128	
5. Промежуточная аттестация <i>(ДЗ)</i>			

4.2 Содержание учебного модуля

Раздел 1. Основные понятия и определения; принципы регулирования при построении систем автоматического управления. Классификация систем автоматического управления.

Раздел 2. Общие принципы составления уравнений автоматических систем, математические модели. Линеаризация уравнений динамики, линейные математические модели. Анализ статических режимов систем автоматического управления.

Раздел 3. Применение преобразования Лапласа и Фурье для решения линейных дифференциальных уравнений и анализа процессов в системах автоматического управления. Составление и линеаризация уравнений системы автоматического управления движением мобильного, манипуляционного робота, вибрационного гироскопа. Передаточная функция. Передаточные функции простейших звеньев. Структурные схемы, их преобразование. Основные параметры переходного процесса. Переходная функция. Переходные функции элементарных звеньев. Импульсная переходная функция. Импульсные переходные функции элементарных звеньев.

Раздел 4. Определение устойчивости по Ляпунову. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Критерий Гурвица. Анализ устойчивости и точности дискретных систем управления.

Раздел 5. Виды частотных характеристик. Логарифмические частотные характеристики САУ. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста. Синтез корректирующих устройств.

Раздел 6. Метод фазового пространства. Типы состояний равновесия, особые траектории. Типы особых точек фазовых портретов нелинейных систем: правила классификации.

Раздел 7. Метод гармонической линеаризации. Коэффициенты гармонической линеаризации. Анализ устойчивости нелинейных систем управления методом Ляпунова, методом Лурье. Частотный критерий Попова.

Раздел 8. Основы управления нелинейными системами. Релейный и пропорциональный закон регулирования.

Раздел 9. Цифровое управление. Описание и характеристики цифрового регулятора.

Раздел 10. Оптимальные системы управления техническими объектами. Адаптивные системы.

4.3 Темы и содержание практических занятий.

Номер раздела УМ	Тема	Содержание
Раздел 5	Дифференциальные уравнения и преобразование Лапласа.	Дифференциальные уравнения и передаточные функции динамических звеньев системы автоматического управления (САУ).
	Система стабилизации скорости подачи перемещения стола фрезерного станка.	Дифференциальные уравнения и передаточные функции двигателя постоянного тока.
	Устойчивость САУ. Критерий Гурвица.	Исследование устойчивости САУ по критерию Гурвица.
	Построение частотных характеристик динамических звеньев САУ.	Частотные характеристики: АФЧХ, АЧХ, ФЧХ, ВЧХ, МЧХ.
	Критерии Михайлова и Найквиста.	Исследование устойчивости САУ на основе частотных критериев устойчивости.
	Логарифмические частотные характеристики.	Анализ устойчивости по логарифмическому критерию устойчивости.
Раздел 10	Показатели качества САУ.	Методика построения желаемой логарифмической амплитудной характеристики (ЛАХ).

4.4. Самостоятельная работа студента.

Темы и содержание внеаудиторной СРС
1. Основные понятия и определения; принципы регулирования при построении систем автоматического управления. Классификация систем автоматического управления.
2. Общие принципы составления уравнений автоматических систем, математические модели. Линеаризация уравнений динамики, линейные математические модели. Анализ статических режимов систем автоматического управления.
3. Применение преобразования Лапласа и Фурье для решения линейных дифференциальных уравнений и анализа процессов в системах автоматического управления. Составление и линеаризация уравнений системы автоматического управления движением мобильного, манипуляционного робота, вибрационного гироскопа. Передаточная функция. Передаточные функции простейших звеньев. Структурные схемы, их преобразование. Основные параметры переходного процесса. Переходная функция. Переходные функции элементарных звеньев. Импульсная переходная функция. Импульсные переходные функции элементарных звеньев.
4. Определение устойчивости по Ляпунову. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Критерий Гурвица. Анализ устойчивости и точности дискретных систем управления.
5. Виды частотных характеристик. Логарифмические частотные характеристики САУ. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста. Синтез корректирующих устройств.
6. Метод фазового пространства. Типы состояний равновесия, особые траектории. Типы

особых точек фазовых портретов нелинейных систем: правила классификации.
7.Метод гармонической линеаризации. Коэффициенты гармонической линеаризации. Анализ устойчивости нелинейных систем управления методом Ляпунова, методом Лурье. Частотный критерий Попова.
8.Основы управления нелинейными системами. Релейный и пропорциональный закон регулирования.
9.Цифровое управление. Описание и характеристики цифрового регулятора.
10. Оптимальные системы управления техническими объектами. Адаптивные системы.
Итого:

Виды заданий на СРС:

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает:

- выполнение курсовой работы по теме «Теория автоматического управления»;
- самостоятельную проработку теоретических вопросов, подготовку к практическим занятиям и лабораторным работам, а также вопросов к итоговой аттестации проводимой в форме экзамена.

Контрольные вопросы для самоконтроля по внеаудиторной самостоятельной работе для учебного модуля “Теория автоматического управления” приведены в приложении А.

4.5 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5. Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС).

Для оценки качества освоения дисциплины используются следующие формы контроля:

- текущий (в течение всего семестра): оценка работы на практических занятиях, оценка выполнения внеаудиторной самостоятельной работы.
- рубежный: учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, результаты контрольных работ;
- семестровый: по окончании изучения учебного модуля – дифференцированный зачёт.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.06.2013 «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля

Образовательный процесс по дисциплине строится на основе комбинации следующих образовательных технологий.

Интегральную модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: модульно-рейтинговое обучение, контекстное обучение, технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления.

Реализация данной модели предполагает использование следующих технологий стратегического уровня (задающих организационные формы взаимодействия субъектов образовательного процесса), осуществляемых с использованием определенных тактических процедур:

- лекционные (вводная лекция, информационная лекция, обзорная лекция, лекция-консультация, проблемная лекция);
 - практические (углубление знаний, полученных на теоретических занятиях, решение задач, тестирование);
 - тренинговые (формирование определенных умений и навыков, формирование алгоритмического мышления);
 - активизации познавательной деятельности (приемы технологии развития критического мышления через чтение и письмо, работа с литературой, подготовка презентаций по темам домашних работ);
- самоуправления (самостоятельная работа студентов, самостоятельное изучение материала).

Инновационные методы при преподавании учебного модуля «Теория автоматического управления» для направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение – научно-технические молодежные фестивали предоставляют замечательную возможность заниматься наиболее интересными разделами математики, механики, информатики, включая проблему управления рациональным поведением коллективов роботов. При этом исключительно важна теоретико-механическая составляющая задачи, включающая исследование общих глобальных свойств управляемой системы (существование, устойчивость и ветвление решений дифференциальных уравнений движения робота, их геометрические свойства и т.д.).

Карта учебно-методического обеспечения (Приложение Б)

7. Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по направлению подготовки используется следующее обеспечение с оборудованными учебными кабинетами, объектами для проведения практических занятий, необходимыми для осуществления образовательной деятельности.

Наименование предмета, дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта с перечнем основного оборудования	Адрес (местоположение) учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта (с указанием номера помещения в соответствии с документами бюро технической инвентаризации)
Теория автоматического управления	Учебная аудитория: 1. Персональные компьютеры – 10 шт. (компьютер студента Intel Celeron 430 1.8 GHz. 512 Kb) 2. Мультимедийная проекционная система (EPSON EMP – X5)	173003, Новгородская область, Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41, ауд. 4130, 4117.

Приложение А
Фонд оценочных средств
учебной дисциплины «Электротехника и электроника»

Оценочные средства контроля успеваемости

Контроль качества освоения учебного модуля, а также оценку этого качества осуществляется регулярно в течение всего периода процесса обучения.

Основными средствами контроля и оценки знаний и умений студентов, осваивающих учебный модуль «Теория автоматического управления», является:

- Индивидуальные домашние задания;
- Тесты;
- Дифференциальный зачёт

Карта учебно-методического обеспечения по дисциплине представлена в приложении Г.

Вопросы по темам/разделам учебного модуля «Теория автоматического управления»

1. Принципы управления и регулирования.
2. Статические и динамические характеристики элементов САУ.
3. Понятие динамического звена, способы его описания.
4. Усилительное звено и его частотные характеристики.
5. Интегрирующее звено и его частотные характеристики.
6. Дифференцирующее звено и его частотные характеристики.
7. Упреждающее звено первого порядка и его частотные характеристики.
8. Упреждающее звено второго порядка и его частотные характеристики.
9. Аперiodическое звено и его частотные характеристики.
10. Колебательное звено и его частотные характеристики.
11. Передаточная функция последовательно соединённых звеньев.
12. Передаточная функция параллельно соединённых звеньев.
13. Передаточная функция цепи звеньев с обратной связью.
14. Переходная функция.
15. Понятие устойчивости системы автоматического управления.
16. Показатели качества системы автоматического управления.
17. Статические и астатические системы автоматического управления.
18. Желаемая логарифмическая амплитудно-частотная характеристика.
19. Передаточная функция динамического звена.
20. Статическая характеристика.
21. Линеаризация уравнений динамических звеньев.
22. Логарифмический частотный критерий устойчивости.
23. Критерий устойчивости Гурвица.
24. Логарифмическая фазо-частотная характеристика.
25. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика.
26. Технические средства управления.
27. Технические средства сбора информации (датчики).
28. Усилительно-преобразовательные устройства САУ.
29. Исполнительные устройства САУ.
30. Корректирующие устройства САУ.

Для решения практических задач студентам рекомендуется пользоваться пакетами программ, реализующих математическую и графическую обработку данных (MathCad, Origin, MS Excel и др.).

Пример ИДЗ по учебному модулю «Теория автоматического управления»

1. Построить переходные характеристики интегратора, апериодического и колебательного звеньев.
2. Проанализировать влияние изменения их параметров на переходные характеристики.

Педагогические контрольные (испытательные) материалы:

Темы тестовых вопросов:

- Тема 1 – Основные определения
- Тема 2 – Статические и динамические характеристики САУ
- Тема 3 – Частотные характеристики
- Тема 4 – Звенья
- Тема 5 – Идентификация
- Тема 6 – Передаточные функции САУ
- Тема 7 – Устойчивость
- Тема 8 – Показатели качества
- Тема 9 – Кривые D-разбиения
- Тема 10 – Регуляторы
- Тема 11 – Реле
- Тема 12 – Фазовые траектории

Приложение Б

Карта учебно-методического обеспечения

Учебный модуль: «Теория автоматического управления»

Направление Направленность (профиль) "Промышленная автоматизация процессов и производств"

Формы обучения: очная/заочная

Курс 4, Семестр 5/6

Таблица 1-Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления. - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Профессия, 2007. - 747, [3] с. : ил.	10	
2. Юревич Е. И. Теория автоматического управления / Е. И. Юрьевич. – 3-4-е изд. - СПб. : БХВ-Петербург, 2016. - 560.00 : ил.	4	
3. Ротач В.Я. Теория автоматического управления : Учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство МЭИ, 2004. - 399 с. : ил.	5	
4. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов/ Под ред. В.Б. Яковлева. - 2-е изд., перераб. - М.: Высшая школа, 2005. - 566, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 563-567.	5	
Учебно-методические издания		
1. Теория автоматического управления. Рабочая программа. Направление подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение - / Разраб. О.В. Никуленков.		http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.1180151.ksort.spec_shifr/i.1180151/?spec=150305.64.1&showfolder=1263106
2. Основы теории управления технологическим оборудованием и процессами. Методические указания к теоретическим и практическим занятиям. / Сост. О.В. Никуленков, НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011 г.		http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.1180151.ksort.spec_shifr/i.1180151/?spec=150305.64.1&showfolder=1263106
3. Теория автоматического управления: методические рекомендации к практическим занятиям, контрольные задания / Сост. О.В. Никуленков, НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011 г.		http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.1180151.ksort.spec_shifr/i.1180151/?spec=150305.64.1&showfolder=1263106
4. Учебно – методический комплекс для студентов по дисциплине «Теория автоматического управления» (мультимедийный электронный УМК) - / Сост. О.В. Никуленков, НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2010.		http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.1180151.ksort.spec_shifr/i.1180151/?spec=150305.64.1&showfolder=1263106

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Элементы систем автоматического управления	https://opendu.ru	

Линейные системы автоматического управления	https://openu.ru	
---	---	--

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Юревич Е. И. Основы робототехники : учеб. пособие для вузов / Евгений Юревич. - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб. : БХВ-Петербург, 2010. - 359 с. : ил.	11	
2. Савин М.М. Теория автоматического управления: Учеб.пособие для вузов. - Ростов н/Д : Феникс, 2007. - 469,[1]с. : ил.	3	
3. Кузьмин А.В. Теория систем автоматического управления : Учеб.для вузов / А. В. Кузьмин, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 223,[1]с. : ил.	1	
4. Учебно – методический комплекс для студентов по дисциплине «Теория автоматического управления» (мультимедийный электронный УМК) - / Сост. О.В. Никуленков, НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2010.		http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.6991.ksort.spec/i.6991/?showspec=151001.65

Учебно-методическое обеспечение учебного модуля: 100 %.

Действительно для учебного года 20__/20__

Зав. кафедрой _____/Д.А.Филиппов/

“ ____ ” _____ 20__ г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка

Приложение В
(обязательное)
Лист актуализации рабочей программы
учебной дисциплины «Электротехника и электроника»

Рабочая программа актуализирована на 20 ____ /20 __ учебный год.
Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20 ____ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20 ____ /20 __ учебный год.
Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20 ____ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Рабочая программа актуализирована на 20 ____ /20 __ учебный год.
Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20 ____ г.
Разработчик: _____
Зав. кафедрой _____

Таблица В.1 Перечень изменений, внесенных в рабочую программу:

Номер изменения	№ и дата заседания	Содержание изменений	Зав. кафедрой	Подпись