

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Димитровградский инженерно-технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Т.И. Романовская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.03.02 Теория автоматического управления**

Направление подготовки	15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
Квалификация выпускника	Бакалавр
Профиль	Технология машиностроения
Форма обучения	очная
Выпускающая кафедра	Кафедра технологии машиностроения
Кафедра-разработчик рабочей программы	Кафедра общей и медицинской физики

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет)
6	108 (3)	16	-	32	60	зачет
<b>Итого</b>	<b>108 (3)</b>	16	-	32	60	зачет

Димитровград  
2020 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО.....	3
3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	13
6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ).....	14
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	15
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ.....	18
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ.....	21

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель освоения дисциплины:

теоретическая и практическая подготовка студентов специальности 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств в области теории автоматического управления для формирования профессиональных компетенций, необходимых для анализа технологических процессов в машиностроении

### Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний, составляющих основу теории автоматического управления: модели объектов и систем управления, цели управления, методы анализа и синтеза систем автоматического управления, организации и структуре построения современных систем автоматического управления;
- формирование умений осуществлять формализацию и структурные преобразования технических систем, выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;
- формирование у студентов навыков владения методами математического моделирования отдельных систем автоматического управления, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели методами теории управления.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к вариативной части блока 1 учебного плана.

Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные и профессиональные компетенции

Таблица 2.1.

Коды	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>			
ОПК-8	способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения	Теоретическая механика Начертательная геометрия и инженерная графика Сопrotивление материалов Детали машин и основы конструирования Гидравлика Материаловедение Метрология, стандартизация и сертификация	Автоматизация производственных процессов Физические и тепловые явления в процессах формирования Технологическая оснастка Системы автоматизированного проектирования технологических процессов Методы повышения износоустойчивости инструмента Проектирование, монтаж и наладка энергосберегающего оборудования-
<i>Профессиональные компетенции</i>			
ПК-4	Способен участвовать в организации процессов разработки и изготовления изделий машиностроительных производств, средств их технологического оснащения и автоматизации, выборе технологий	Теоретическая механика Начертательная геометрия и инженерная графика Сопrotивление материалов Детали машин и основы конструирования Гидравлика Материаловедение	Автоматизация производственных процессов Физические и тепловые явления в процессах формирования Технологическая оснастка Системы автоматизированного проектирования технологических процессов Методы повышения изно-

		Метрология, стандартизация и сертификация	состоятельности инструмента Проектирование, монтаж и наладка энергосберегающего оборудования-
--	--	---	--

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Таблица 3.1

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина*		Индикаторы достижения компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-8	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения	ОПК-2.1 Рассматривает возможные варианты решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выбора на основе анализа вариантов оптимального прогнозируемых последствий решения результатов измерений	<b>Знать:</b> математические описание систем автоматического управления и методы анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ) <b>Уметь:</b> ставить и решать задачи анализа и синтеза систем автоматического управления вместе со специалистами по управлению техническими системами. <b>Владеть:</b> навыками математического и экспериментального моделирования объектов САУ с использованием современных технических и вычислительных средств
ПК-4	Способен участвовать в организации процессов разработки и изготовления изделий машиностроительных производств, средств их технологического оснащения и автоматизации, выборе технологий	ПК-4.1 Умеет формулировать задачи организации процессов разработки и изготовления изделий машиностроительных производств, средств их технологического оснащения и автоматизации, ПК-4.2 Владеть навыками формирования требований к показателям изделий машиностроительных производств, средств их технологического оснащения и автоматизации,	<b>Знать:</b> математические описание систем автоматического управления и методы анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ) <b>Уметь:</b> ставить и решать задачи анализа и синтеза систем автоматического управления вместе со специалистами по управлению техническими системами. <b>Владеть:</b> навыками математического и экспериментального моделирования объектов САУ с использованием современных технических и вычислительных средств

3.2. Компетентностная модель устанавливается в соответствии с требованиями профессиональных стандартов, трудовыми функциями и обобщенными трудовыми функциями.

**Перечень трудовых и обобщенных трудовых функций.**

Таблица 3.2

Наименование компетенции	Требования профессионального стандарта	Обобщенная трудовая функция	Трудовая функция
ОПК-8	40.031. Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении	С. Технологическая подготовка и обеспечение производства деталей машиностроения высокой сложности	С/04.7. Проектирование технологической оснастки средней сложности, разработка технических заданий на проектирование сложной технологической оснастки, технологического оборудования, нестандартного оборудования, средств автоматизации и механизации
			С/05.7. Контроль технологических процессов производства деталей машиностроения высокой сложности и управление ими
ПК-4	40.031. Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении	С. Технологическая подготовка и обеспечение производства деталей машиностроения высокой сложности	С/04.7. Проектирование технологической оснастки средней сложности, разработка технических заданий на проектирование сложной технологической оснастки, технологического оборудования, нестандартного оборудования, средств автоматизации и механизации
			С/05.7. Контроль технологических процессов производства деталей машиностроения высокой сложности и управление ими

### Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта)  Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задачи профессиональной деятельности: производственнотехнологический</b>				
<p>Проектирование простых специальных приспособлений для установки заготовок на станках</p> <p>Проектирование простых специальных вспомогательных инструментов</p> <p>Проектирование простой специальной контрольно-измерительной оснастки</p> <p>Обеспечение технологичности конструкций разработанной технологической оснастки</p> <p>Разработка технических заданий на проектирование специальных приспособлений для установки заготовок на станках</p> <p>Разработка технических заданий на проектирование специального металлорежущего инструмента</p> <p>Разработка технических заданий на проектирование вспомогательного инструмента</p> <p>Разработка технических заданий на проектирование специальной контрольно-измерительной оснастки</p> <p>Выпуск конструкторской до-</p>	<p>Методика проектирования приспособлений для установки заготовок</p> <p>Методика построения расчетных силовых схем</p> <p>Правила и принципы выбора установочных элементов приспособлений для установки заготовок</p> <p>Правила и принципы выбора зажимных элементов приспособлений для установки заготовок</p> <p>Методика расчета сил резания</p> <p>Методика точностного расчета приспособлений для установки заготовок</p> <p>Методика прочностных и жесткостных расчетов</p> <p>Методика проектирования контрольной оснастки</p> <p>Правила и принципы выбора средств измерения, используемых в контрольной оснастке</p> <p>Методика точностного расчета контрольной оснастки</p> <p>Нормативно-технические и руководящие документы по оформлению конструкторской документации</p>	<p>ПК-3. Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению</p>	<p>З-ПК-3. Знать: основы теории автоматического управления: модели объектов и систем управления, цели управления, методы анализа и синтеза систем автоматического управления, организации и структуре построения современных систем автоматического управления;</p> <p>У-ПК-3. Уметь: осуществлять формализацию и структурные преобразования технических систем, выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;</p> <p>-В-ПК-3. Владеть: методами математического моделирования отдельных систем автоматического управления, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели методами теории управления.</p>	<p>Профессиональный стандарт «40.031. Специалист по технологиям механообработывающего производства в машиностроении».</p> <p>С/04.7. Проектирование технологической оснастки средней сложности, разработка технических заданий на проектирование сложной технологической оснастки, технологического оборудования, нестандартного оборудования, средств автоматизации и механизации</p> <p>.С/05.7. Контроль технологических процессов производства деталей машиностроения высокой сложности и управление ими</p>

кументации на разработанную оснастку				
<p>Контроль соблюдения технологической дисциплины при реализации технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Контроль правил эксплуатации технологического оборудования при реализации технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Контроль правильности эксплуатации технологической оснастки при реализации технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Выявление причин брака при изготовлении деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Разработка предложений по предупреждению и ликвидации брака при изготовлении деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Внесение изменений в технологическую документацию на технологические процессы изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Согласование изменений, внесенных в технологическую документацию на технологические процессы изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p>	<p>Параметры и режимы технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Правила эксплуатации технологического оборудования, используемого при реализации технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Правила эксплуатации технологической оснастки, используемой при реализации технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Виды брака в изготовлении деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>Технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления деталей</p> <p>Методы уменьшения влияния технологических факторов, вызывающих погрешности изготовления деталей</p> <p>Методика планирования эксперимента</p> <p>Методики обработки экспериментальных данных</p> <p>Методы анализа технического уровня объектов техники и технологии</p> <p>Процедура согласования предложений по изменению технологических процессов</p> <p>Процедура согласования предложений по изменению технологической документации</p>	<p>ПК-3. Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению</p>	<p>З-ПК-3. Знать: основы теории автоматического управления: модели объектов и систем управления, цели управления, методы анализа и синтеза систем автоматического управления, организации и структуре построения современных систем автоматического управления;</p> <p>У-ПК-3. Уметь: осуществлять формализацию и структурные преобразования технических систем, выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;</p> <p>-В-ПК-3. Владеть: методами математического моделирования отдельных систем автоматического управления, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели методами теории управления.</p>	<p>Профессиональный стандарт «40.031. Специалист по технологиям механообработки в машиностроении».</p> <p>.С/05.7. Контроль технологических процессов производства деталей машиностроения высокой сложности и управление ими</p>

<p>Рассмотрение рационализаторских предложений по совершенствованию технологии производства и подготовка заключений о целесообразности их использования Разработка мероприятий по повышению эффективности производства, направленных на сокращение расхода материалов, снижение трудоемкости, повышение производительности труда Планирование, постановка, проведение исследований технологических операций Контроль предложений по предупреждению и ликвидации брака и изменению в технологических процессах, разработанных специалистами более низкой квалификации</p>				
--	--	--	--	--



В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

*Знать:*

- основные понятия и определения теории управления;
- математические модели динамических систем, типовые звенья систем автоматического управления;
- основные свойства систем управления: устойчивость, наблюдаемость, управляемость; инвариантность, чувствительность и критерии устойчивости и показатели качества САУ;

*Уметь:*

- пользоваться научной и научно-технической литературой в области систем автоматического управления;
- осуществлять формализацию и структурные преобразования технических систем, выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;

*Владеть:*

- методами математического моделирования отдельных систем автоматического управления, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели методами теории управления.
- способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих совершенствование контроля технологического процесса и использование современной контрольно-измерительной аппаратуры;
- способностью к анализу систем автоматизации производства и разработке мероприятий по их совершенствованию.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единицы (ЗЕТ), 108 академических часов.

Таблица 4.1

#### Объём дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр*	
		6	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	
занятия лекционного типа	16	16	
занятия семинарского типа	32	32	
в том числе: семинары			
практические занятия			
практикумы			
лабораторные работы	32	32	
другие виды контактной работы			
в том числе: курсовое проектирование			
групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иные виды внеаудиторной контактной работы			
<b>Самостоятельная работа обучающихся**:</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	
изучение теоретического курса	18	18	
расчетно-графические задания, задачи	18	18	
отчеты к лабораторным работам	24	24	
курсовое проектирование			
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет***, экзамен)</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>	

#### Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Таблица 4.2

№ модуля образовательной программы*	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
1	1	Теория автоматического управления	16	-	32	60	108	ОПК-4;
ИТОГО:			16	-	32	60	108	ОПК-4;

## 4.2. Содержание дисциплины

Удельный вес проводимых в активных и интерактивных формах проведения аудиторных занятий по дисциплине составляет \_\_\_\_\_ 22\_\_ %.

### Лекционный курс

Таблица 4.3

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц*	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных технологий
1	1	Основные понятия и определения теории автоматического управления Введение. Основные понятия и определения. Классификация систем автоматического управления (САУ). Принципы управления и построения САУ. Основные функциональные блоки систем автоматического управления. Обобщенная структурная схема системы автоматического управления. Элементы структурных схем, принцип действия систем автоматического регулирования (САР). Технические средства САР и их классификация по функциональному назначению. Понятие о государственной системе приборов и средств автоматизации (ГСП).	2	
2	1	Математическое описание объектов и систем автоматического управления (САУ) Установившиеся и динамические процессы в технических системах. Статические и динамические характеристики. Типовые воздействия и временные динамические характеристики САУ Методы математического описания и моделирования линейных элементов и систем автоматического управления; дифференциальные уравнения типовых управляемых процессов и технических объектов.	2	
3	1	Передаточные функции и их свойства. Применение преобразований Лапласа к решению дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотные характеристики САУ. АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ.	2	
4	1	Динамические свойства звеньев САУ Представление систем в виде совокупности типовых динамические звеньев. Типовые звенья и их характеристики: Усилительное (пропорциональное) звено. Аперриодическое типовое звено. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено. Форсирующие звенья. Колебательное звено. Динамическое звено запаздывания	2	
5	1	Анализ систем автоматического управления	2	

		Структурные схемы систем автоматического управления. Правила преобразования структурных схем. Вычисление передаточных функций одномерных и многомерных систем. Частотные характеристики САУ		
6	1	Устойчивость систем автоматического регулирования. Понятие об устойчивости систем. Критерии устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости Найквиста и Михайлова. Области устойчивости и запасы устойчивости.	2	
7	1	Качество процессов управления Оценка качества управления САУ. Прямые методы оценки качества управления. Корневой метод оценки качества управления. Интегральный метод оценки качества. Частотные методы оценки качества. Точность при регулировании	2	
8		Улучшение качества процесса управления Корректирующие звенья. Обратные связи. Законы регулирования и типовые регуляторы. Пропорциональные, интегральные, пропорционально-интегральные, пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы.	2	
Итого:			16	

**Практические занятия**  
Учебным планом не предусмотрены

### Лабораторные работы

Таблица 4.4

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1		Организация и правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.	2	0,5
2,3		Лабораторная работа 1. Экспериментальное определение временной характеристики элемента САУ	4	1
4, 5		Лабораторная работа 2. Исследование динамических звеньев САУ	4	1
6,7		Лабораторная работа 3. Определение законов регулирования и выбор регуляторов	4	1
8,9		Лабораторная работа 4. Исследование потенциометрических преобразователей	4	1
10,11		Лабораторная работа 5. Исследование индуктивных и индукционных	4	1

		преобразователей		
12,13		Лабораторная работа 6. Исследование сельсинов	4	1
14,15		Лабораторная работа . Исследование функциональных устройств цифровой автоматики	4	
16		Лабораторная работа 7. Изучение устройства и структуры микропроцессорной системы автоматического управления	2	1
<b>ИТОГО:</b>			<b>32</b>	<b>7,5</b>

### Самостоятельная работа студента

Таблица 4.5

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1	Расчетно-графическая работа 1. Анализ непрерывных линейных систем автоматического управления	9
	2	Расчетно-графическая работа 2. Выбор закона регулирования и регулятора.	9
1	5	Самостоятельное изучение следующих тем: 1. Описание линейной системы в пространстве состояний. Понятие состояния, уравнение состояния линейных моделей динамических систем. Управляемость, наблюдаемость. 2. Оптимальные системы. Общие положения. Понятие оптимальных систем и методы оптимизации. Робастные системы управления 3. Адаптивные системы управления Принципы построения адаптивных систем автоматического управления. Системы экстремального управления. Самонастраивающиеся системы.	18
1		Отчеты лабораторных работ	24
<b>ВСЕГО ЧАСОВ:</b>			<b>60</b>

Методические указания для самостоятельной работы и содержание заданий приводятся в Приложении 2.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: лекции, практические занятия, лабораторные работы с использованием активных и интерактивных форм проведения занятий.

Интерактивное обучение реализуется как диалоговое обучение в ходе лекционных и практических занятий, что позволяет осуществлять взаимодействие между студентом и преподавателем, а также между самими студентами.

При выполнении лабораторных работ преподаватель занимается лишь общей организацией и регулированием процесса интерактивного взаимодействия студентов в бригадах, на которые разбивается студенческая группа. Преподаватель, кроме того, готовит заранее необходимые задания и формулирует вопросы для успешной реализации заданий, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана лабораторной работы. При выполнении заданий лабораторной работы студентам приходится вступать в коммуникацию друг с другом,

совместно решать поставленные задачи, преодолевать конфликты, находить общие точки соприкосновения, идти на компромиссы. В результате лабораторные занятия позволяют интегрировать теоретические знания, практические умения и навыки в едином процессе деятельности.

Достижение планируемых результатов освоения дисциплины осуществляется за счет использования следующих образовательных технологий:

Методы ИТ (Internet-ресурсов) – при применении компьютеров для использования электронных версий учебников, учебных пособий, методических указаний, журнальных статей и описания изделий фирм-производителей;

Индивидуализация обучения – за счет организации лабораторного цикла по электротехнике и электронике по принципу: каждому студенту свое лабораторное место, а также выдачи индивидуальных домашних заданий в форме расчетно-графических работ и заданий при защите лабораторных работ;

Проблемное обучение. Для реализации положительной мотивации студента на обучение, постановке и организации процесса его самообразования внедрены элементы проблемно-поисковой технологии обучения, когда студенты должны:

узнавать схему с целью определения того, какие характеристики и параметры ее необходимо анализировать и рассчитывать;

демонстрировать действия алгоритмов анализа и синтеза различных объектов электротехники и электроники по изложенным на занятиях алгоритмам и приведенным примерам.

Указанная технология, когда студенту не приходится воспроизводить то, что он слышал на занятиях или видел в книгах, принципиально ведет к его самообразованию и воспитанию творческой личности.

На всех видах контроля студент должен продемонстрировать стандартные профессиональные действия за счет самостоятельного добывания необходимых знаний, умений и компетенций для конкретного и ранее неизвестного объекта электротехники и электроники.

Креативность и умение самостоятельно мыслить и самообразовываться могут возникнуть у студента в нестандартных проблемных ситуациях на лекциях и в лабораторном цикле. Для реализации этих профессионально значимых качеств в задачах и исследованиях используются условия с избыточными данными. Применяются вопросы с ветвлением допустимых решений, задачи на формирование прогноза, т.е. предполагаемых изменений в исходном объекте: «Что будет, если сделать то-то?».

При организации самостоятельной работы занятий используются методы самоуправляемой и самоконтролируемой познавательной деятельности, через расчетно-графические работы, закрепляющих инженерные методы и технологии решения задач электротехники и электроники, через самостоятельную обработку результатов экспериментов, полученных при выполнении лабораторных работ.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)**

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем (ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- письменные домашние задания;
- выполнение лабораторных работ;
- защита лабораторных работ;
- устные опросы;
- расчетно-графические работы;

- отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующих формах:

- тестирование промежуточное;
- защита расчетно-графических работ;

**Итоговый контроль** по результатам семестров по дисциплине проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и/или решения задач), зачета (включает в себя ответ на теоретические вопросы и тестирования).

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, перечислены в Приложении 3.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине  
Теория автоматического управления

Таблица 7.1.

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Кол-во экз
<b>Основная литература</b>						
1	Первозванный, А. А.	Курс теории автоматического управления	Москва	«Лань»	2010	lanbook.com/ebs.php [Электронный ресурс]
2	Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев	Теория автоматического управления	Москва	«Лань»	2010	lanbook.com/ebs.php [Электронный ресурс]
3	Ким, Д. П.	Теория автоматического управления :	Москва	Юрайт	2020	[Электронный ресурс] <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Р. Дорф, Р. Бишоп	Современные системы управления.	Москва	Лаборатория Базовых Знаний	2002.	[Электронный ресурс] <a href="http://library.mephi.ru">library.mephi.ru</a>
2	А.В. Шапкарин И.Г. Кулло	Лабораторный практикум по курсу “Теория автоматического управления” Линейные непрерывные динамические системы		НИЯУ МИФИ	2007	[ <a href="http://library.mephi.ru">library.mephi.ru</a> ]
	Никольчев Е.В.	Практикум по теории управления в среде MATLAB Учебное пособие	Москва.	МГАПИ,	2002	Электронный ресурс] <a href="http://window.edu.ru/">window.edu.ru/</a>

Шмигирилов Ю.Г., Шмигирилова Л.Н.	Управление техническими системами. Лабораторный практикум.	Димитровград	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2012	15
-----------------------------------	--	--------------	----------------	------	----

## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет»

1. [window.edu.ru/](http://window.edu.ru/) Единое окно доступа к образовательным ресурсам .Федеральный портал /Федеральный центр ЭОР .
2. [library.mephi.ru/](http://library.mephi.ru/) (Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ)
3. [lanbook.com/ebs.php](http://lanbook.com/ebs.php) (Электронно-библиотечная система издательства «Лань»)
4. <http://www.knigafund.ru/> Электронно-библиотечная система «КнигаФонд»
5. <https://urait.ru/>

## 7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций и графических объектов, выводимых на экран при проведении занятий всех форм.
2. Использование программных средств (MATLAB) для математических вычислений и для моделирования и исследования систем автоматического управления.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:
  - комплект электронных презентаций/слайдов,
  - аудитория 101 и 104, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
  - наглядные пособия в виде отдельных электронных изделий.
2. Практические занятия (семинарского типа):
  - аудитория 104, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
  - пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, MATLAB и Mathcad ),
3. Лабораторные работы:
  - наглядные пособия в виде отдельных элементов САУ.
  - специализированная лаборатория «Электротехники, электроники и автоматики» (аудитория 104 3-ий учебный корпус), оснащенная универсальными лабораторными стендами типа НТЦ-01, НТЦ-12 и учебными микропроцессорными комплексами (УМК), обеспечивающими проведение всех предусмотренных программой лабораторных работ.
4. Прочее:
  - рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

## 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 9.1.

Информация о контр. точках	Текущий контроль(<=25) (ТК)							Промежуточный контроль (<=30) (ПК)		Форма итогового контроля
	ТК <sub>1</sub>	ТК <sub>2</sub>	ТК <sub>3</sub>	ТК <sub>4</sub>	ТК <sub>5</sub>	ТК <sub>6</sub>	ТК <sub>7</sub>	ПК <sub>1</sub>	ПК <sub>2</sub>	
форма контроля	ЛР ПЗ	ЛР ПЗ	ЛР ПЗ	ЛР ПЗ	ЛР ПЗ	ЛР ПЗ	ЛР ПЗ	Тест	Тест	Зачет



		РГР		РГР		РГР				
неделя сдачи	4	6	8	10	12	14	16	8	16	
макс. балл	2	6	2	5	2	6	2	15	15	40

Структура баллов, начисляемых по результатам текущего контроля

Таблица 9.2.

№ п/п	Наименование видов учебной работы и состояния учебной дисциплины	Начисляемое количество баллов (долей баллов)	Максимальное количество баллов по данному виду учебной работы
1	Выполнение лабораторной работы с защитой результатов	1.5	10.5
2	Выполнение заданий на практическом занятии	0,5	3,5
3	Расчетно-графическая работа	3 - 4	11
<b>Максимальная сумма баллов по результатам текущего контроля</b>			<b>25</b>

## АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Теория автоматического управления является частью базового цикла дисциплин подготовки студентов по направлению 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, профиль Технология машиностроения. Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете ДИТИ НИЯУ МИФИ кафедрой общей физики

### **Требования к уровню освоения содержания дисциплины.**

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональных компетенций ОПК-4 выпускника.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с фундаментальными понятиями теории автоматического управления, что позволяет выпускнику:

**Знать:** математическое описание систем автоматического управления и методы анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ)

**Уметь:** ставить и решать задачи анализа и синтеза систем автоматического управления вместе со специалистами по управлению техническими системами.

**Владеть:** навыками математического и экспериментального моделирования объектов САУ с использованием современных технических и вычислительных средств. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

текущий контроль успеваемости в форме защиты лабораторных работ в соответствии с графиком выполнения по контрольным вопросам и тестам;

- защиты расчетно-графических работ в соответствии с графиком выполнения по контрольным вопросам и тестам;

промежуточный контроль в форме защиты расчетно-графических работ в соответствии с графиком выполнения и тестирование согласно технологической карты дисциплины.

и итоговый контроль в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Программой дисциплины предусмотрены лекционные (17 часов), практические (17 часов) занятия и 74 часов самостоятельной работы студента.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ

### АННОТАЦИЯ

В соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ, рекомендациями ОП ВО и учебного плана ДИТИ НИЯУ МИФИ по направлению 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств для проведения текущего и промежуточного контроля успеваемости и промежуточной аттестации дисциплины разработан Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория автоматического управления», являющийся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса настоящей дисциплины.

Фонд включает:

1. Паспорт фонда оценочных средств

1.1. Модели контролируемых компетенций

1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования

1.3. Основные показатели оценивания компетенций

1.4. Перечень оценочных средств

2. Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений и навыков по дисциплине «Теория автоматического управления»:

2.1. Оценочные средства для входного контроля

2.2. Оценочные средства для текущего контроля

2.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Входной контроль знаний, умений и навыков осуществляется в форме тестирования и является формой текущей аттестации с целью оценки остаточных знаний и умений, приобретённых на предшествующем этапе обучения.

Формы текущего и промежуточного контроля предназначены для оценивания уровня сформированности компетенций на определенных этапах обучения.

Фонд промежуточной аттестации включает вопросы к экзамену, билеты и критерии оценивания уровня усвоения дисциплины

В Фонде оценочных средств по дисциплине «Теория автоматического управления» представлены оценочные средства сформированности объявленных в паспорте фонда оценочных средств компетенций.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов, из них 54 часа аудиторных занятий и 54 часа, отведенных на самостоятельную работу студента.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.</p> <p>Уделить внимание: методам анализа электрических и электронных цепей линейных и нелинейных; свойствам и характеристикам основных дискретных элементов; принципам функционирования, свойствам, области применения и потенциальным возможностям основных электронных приборов и узлов; основным понятиям схемотехники электронных устройств.</p>
Практикум / лабораторная работа	<p>Методические указания по выполнению лабораторных работ (Управление техническими системами: Лабораторный практикум:/ Ю.Г. Шмигирилов, Л.Н. Шмигирилова. – Дмитровград: ДИТИ НИЯУ МИФИ, 2014 г. – 68 с.)</p>
Расчетно-графическая работа	<p>Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др.</p>
Реферат/	<p><i>Реферат:</i> Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.</p>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.</p>

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ

### Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя

#### I. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: лекции, практические занятия, лабораторные работы с использованием активных и интерактивных форм проведения занятий.

**Интерактивное обучение** реализуется как диалоговое обучение в ходе лекционных и практических занятий, что позволяет осуществлять взаимодействие между студентом и преподавателем, а также между самими студентами.

**Работа в команде:** при выполнении лабораторных работ преподаватель занимается лишь общей организацией и регулированием процесса интерактивного взаимодействия студентов в бригадах, на которые разбивается студенческая группа. Преподаватель, кроме того, готовит заранее необходимые задания и формулирует вопросы для успешной реализации заданий, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана лабораторной работы. При выполнении заданий лабораторной работы студентам приходится вступать в коммуникацию друг с другом, совместно решать поставленные задачи, преодолевать конфликты, находить общие точки соприкосновения, идти на компромиссы. В результате лабораторные занятия позволяют интегрировать теоретические знания, практические умения и навыки в едином процессе деятельности.

**Информационные технологии:** использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям.

Методы ИТ (Internet-ресурсов) – при применении компьютеров для использования электронных версий учебников, учебных пособий, методических указаний, журнальных статей и описания изделий фирм-производителей;

**Индивидуализация обучения** – за счет организации лабораторного цикла по электротехнике и электронике по принципу: каждому студенту свое лабораторное место, а также выдачи индивидуальных домашних заданий в форме расчетно-графических работ и заданий при защите лабораторных работ;

**Проблемное обучение.** Для реализации положительной мотивации студента на обучение, постановке и организации процесса его самообразования внедрены элементы проблемно-поисковой технологии обучения, когда студенты должны:

узнавать схему с целью определения того, какие характеристики и параметры ее необходимо анализировать и рассчитывать;

демонстрировать действия алгоритмов анализа и синтеза различных объектов электротехники и электроники по изложенным на занятиях алгоритмам и приведенным примерам.

Указанная технология, когда студенту не приходится воспроизводить то, что он слышал на занятиях или видел в книгах, принципиально ведет к его самообразованию и воспитанию творческой личности.

На всех видах контроля студент должен продемонстрировать стандартные профессиональные действия за счет самостоятельного добывания необходимых знаний, умений и компетенций для конкретного и ранее неизвестного объекта электротехники и электроники.

Креативность и умение самостоятельно мыслить и самообразовываться могут возникнуть у студента в нестандартных проблемных ситуациях на лекциях и в лабораторном цикле. Для реализации этих профессионально значимых качеств в задачах и исследованиях используются условия с избыточными данными. Применяются вопросы с ветвлением допустимых решений, задачи на формирование прогноза, т.е. предполагаемых изменений в исходном объекте: «Что будет, если сделать то-то?».

При организации самостоятельной работы занятий используются методы самоуправляемой и самоконтролируемой познавательной деятельности, через расчетно-графические работы, закрепляющих инженерные методы и технологии решения задач электротехники и электроники, через самостоятельную обработку результатов экспериментов, полученных при выполнении лабораторных работ.

## **II. Виды и содержание учебных занятий**

### **Теоретические занятия (лекции) – 17 часов.**

#### **Лекция 1. Основные понятия теории управления**

Управление и информатика. Кибернетика. Система. Система управления. Структура систем управления. Объект управления. Управляющая система. Состояние системы. Цели управления и задачи управления. Автоматическое, автоматизированное, организационное управление: содержание и форма.

#### **Лекция 2. Математические модели объектов и систем автоматического управления.**

Методы математического описания и моделирования линейных элементов и систем автоматического управления. Уравнения динамики и статики. Линеаризация уравнений. Типовые воздействия и временные характеристики САУ. Передаточные функции звеньев и систем.

Структурные схемы систем управления и типовые динамические звенья

Разбиение систем на звенья. Структурные схемы систем автоматического управления. Типовые динамические звенья и их свойства. Правила преобразования структурных схем. Частотные характеристики САУ: АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ.

#### **Лекция 3. Описание систем в пространстве состояний.**

Переменные состояния и уравнения состояния динамической системы. Решение уравнений состояния. Метод преобразования Лапласа. Метод разложения в бесконечный ряд. Передаточные функции. Понятие наблюдаемости и управляемости многомерных систем.

Устойчивость систем автоматического управления

Анализ непрерывных линейных систем автоматического управления

Понятие устойчивости САУ. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Рауса-Гурвица. Построение областей устойчивости.

#### **Лекция 4. Частотные критерии устойчивости САУ.**

Критерий Найквиста, диаграмма Боде. Критерий Михайлова.

Оценка качества управления

Понятие качества САУ и его показатели во временной и частотной областях. Корневые методы оценки качества управления. Частотные методы оценки качества управления. Точность САУ и оценка установившихся ошибок статических и астатических систем.

Чувствительность и инвариантность систем управления.

#### **Лекция 5. Улучшение качества управления. Синтез корректирующих устройств.**

Общие принципы синтеза систем управления. Основные требования, предъявляемые к САУ. Синтез непрерывных линейных систем как синтез корректирующего устройства. Частотный метод синтеза САУ. Желаемая логарифмическая частотная характеристика САУ и предъявляемые к ней требования. Методика получения корректирующего устройства САУ.

Законы регулирования и регуляторы.

Основные свойства нелинейных систем

Особенности нелинейных систем и типы нелинейностей. Исследования нелинейных систем управления. Методы исследования нелинейных систем. Методы, основанные на линеаризации.

#### **Лекция 6. Цифровые системы управления.**

Понятие о дискретном управлении. Использование микропроцессоров и микро-ЭВМ в системах управления.

Функциональная схема цифровой САУ. Квантование входных сигналов. Решетчатые функции. Статическая характеристика входных преобразователей. Теорема Котельникова и вы-

бор периода квантования сигнала во времени. Восстановление сигналов по дискретным выборкам. Фиксатор нулевого порядка

. Математическое описание цифровых систем управления.

Разностные уравнения.  $Z$  - преобразование.  $Z$  - передаточные функции дискретных САУ.

**Лекция 7.** Определение передаточной функции дискретной системы. Разомкнутая дискретная система. Замкнутые дискретные системы.

Анализ динамики цифровых систем управления.

Анализ устойчивости цифровых систем управления. Точность цифровых систем управления. Оценка качества цифровых систем.

**Лекция 8.** Принципы построения цифровых систем управления и программная реализация алгоритмов управления

Принципы построения цифровых систем управления. Синтез систем управления с ЦВМ. Реализация цифровых регуляторов.

Оптимальные системы.

Общие положения. Понятие оптимальных систем и методы оптимизации. Робастные системы управления

**Лекция 9.** Методы исследования современной теории оптимального управления. Динамическое программирование.

Адаптивные системы управления

Принципы построения адаптивных систем автоматического управления. Системы экстремального управления. Самонастраивающиеся системы.

### **Лабораторный практикум 18 часов, 7 работ.**

Лабораторные работы по курсу "Основы теории управления" выполняются в специализированной лаборатории на универсальных лабораторных стендах НТЦ-12 "Основы автоматики и вычислительной техники", а также на персональных компьютерах с использованием ПО МАТ-ЛАБ..

К работе на лабораторных стендах лаборатории автоматики допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами внутреннего распорядка, и правилами техники безопасности, а также подготовленные к выполнению планируемой лабораторной работы.

Допуск к работе осуществляется путем проведения инструктажа при первом знакомстве с лабораторией и ее оборудованием (с оформлением в журнале установленной формы) и последующей проверкой готовности к выполнению планируемой лабораторной работы.

Для выполнения лабораторных работ студенческая группа делится на бригады, которые на время выполнения работы распределяются по лабораторным стендам.

При работе в лаборатории электротехники, электроники и автоматики во избежание несчастных случаев, а также преждевременного выхода из строя приборов и электрооборудования следует выполнять следующие правила:

Приступать к выполнению можно лишь после изучения описания лабораторной работы, составления заготовки отчета и разрешения, полученного от преподавателя для сборки электрической схемы экспериментальной части работы.

Сборка электрических схем для проведения лабораторной работы производится при отключенном питании стенда. Необходимую схему к лабораторной работе получают путем коммутации отдельных элементов исследуемого устройства и измерительных приборов с помощью перемычек в пределах участка стенда, относящегося к исследуемой цепи.

Включение питания стенда и выполнение экспериментальной части работ производить только после разрешения преподавателя.

В процессе измерений необходимо следить за тем, чтобы показания приборов не превышали их пределов измерения.

В ходе эксперимента, перед изменением электрической схемы при помощи перемычек, питание необходимо отключить.

Аннотации лабораторных работ, включающие в себя: наименование работы, форма выполнения, и т.п.), цель работы, используемое оборудование изложены в учебном пособии:

Управление техническими системами: Учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки (специальностей) в области техники и технологии. / Ю.Г. Шмигирилов, Л.Н.Шмигирилова – Димитровград: ДИТУД УлГТУ, 2014г. – 64 с

Шапкарин А.В., Кулло И.Г. Лабораторный практикум по курсу “Теория автоматического управления”. Линейные непрерывные динамические системы. М.: МИФИ, 2007. – 84с.

### **Занятие 1.** Вводное занятие.

Организация и правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ..

Лабораторная работа 1.

Исследование измерительных преобразователей САУ.

Лабораторная работа 2.

Исследование динамических и частотных характеристик САУ с использованием МАТЛАБ.

Лабораторная работа 3

Определение динамических характеристик объекта управления.

Лабораторная работа 4.

Анализ и синтез САУ методом корневого годографа.

Лабораторная работа 5

Исследование систем дистанционной передачи информации с помощью сельсин.

Лабораторная работа 6.

Исследование устойчивости линейных систем

Лабораторная работа 7.

Исследование универсального микропроцессорного ПИД-регулятора ОВЕН