

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«17» января 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы теории автоматического регулирования»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Технологические системы жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

Автор программы

К.Г. Королев

Заведующий кафедрой
Твердотельной электроники

В.А. Небольсин

Руководитель ОПОП

О.В. Калядин

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Изучение теории автоматического управления и принципов автоматизации технологических процессов

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучить основные понятия теории автоматического управления; математическое описание систем автоматического регулирования и управления; критерии устойчивости систем; принципы составления схем автоматизации технологических процессов в области низких температур; контрольно-измерительные приборы и принципы их работы; основы регулирования и запорно-регулирующую арматуру; основы автоматизации технологических процессов.

- анализировать структурные схемы и технические системы; подбирать контрольно-измерительные приборы и запорно-регулирующую арматуру

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы теории автоматического регулирования» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы теории автоматического регулирования» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-8 - Способен участвовать в обеспечении эксплуатации и технического обслуживания контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-8	<i>Знать принципы работы контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации</i>
	<i>Уметь определять передаточные функции контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации</i>
	<i>Владеть способностью участвовать в обеспечении эксплуатации и технического обслуживания контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий</i>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы теории автоматического регулирования» составляет 4 з.е.

**Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	90	90
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	<i>Основные понятия систем управления</i>	<i>Основные понятия. Структура. Классификация. Связь входа и выхода. Линейность и нелинейность. Линеаризация уравнений. Дифференциальные уравнения. Модели в пространстве состояний. Переходная функция. Импульсная характеристика. Передаточная функция. Преобразование Лапласа. Частотные характеристики. Логарифмические частотные характеристики.</i>	6	6	6	30	48
2	<i>Типовые динамические звенья</i>	<i>Усилитель. Аперiodическое звено. Колебательное звено. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено. Звено запаздывания. Обратные звенья. ЛАФЧХ сложных звеньев.</i>	4	4	4	20	32
3	<i>Структурные схемы</i>	<i>Условные обозначения. Правила преобразования. Типовая одноконтурная система.</i>	4	4	4	20	32
4	<i>Анализ систем управления</i>	<i>Требования к управлению. Процесс на выходе. Точность. Устойчивость. Критерии устойчивости. Переходный процесс. Частотные оценки качества. Корневые оценки качества. Робастность.</i>	4	4	4	20	32
Итого			18	18	18	90	144

5.2 Перечень лабораторных работ

- 1) *Динамические звенья и их характеристики во временной области*
- 2) *Исследование преобразований структурных схем*
- 3) *Исследование устойчивости систем с обратной связью*

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-8	<i>Знать принципы работы контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации</i>	<i>50% успеваемости</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</i>
	<i>Уметь определять передаточные функции контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации</i>	<i>50% успеваемости</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</i>
	<i>Владеть способностью участвовать в обеспечении эксплуатации и технического обслуживания контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий</i>	<i>50% успеваемости</i>	<i>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</i>	<i>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</i>

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-8	<i>Знать принципы работы контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации</i>	<i>Тест</i>	<i>Выполнение теста на 90- 100%</i>	<i>Выполнение теста на 80-90%</i>	<i>Выполнение теста на 70-80%</i>	<i>В тесте менее 70% правильных ответов</i>
	<i>Уметь определять передаточные функции контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации</i>	<i>Решение стандартных практических задач</i>	<i>Выполнение теста на 90- 100%</i>	<i>Выполнение теста на 80-90%</i>	<i>Выполнение теста на 70-80%</i>	<i>В тесте менее 70% правильных ответов</i>
	<i>Владеть способностью</i>	<i>Решение</i>	<i>Выполнение</i>	<i>Выполнение</i>	<i>Выполнение</i>	<i>В тесте</i>

	участвовать в обеспечении эксплуатации и технического обслуживания контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации систем жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий	прикладных задач в конкретной предметной области	теста на 90- 100%	теста на 80-90%	теста на 70-80%	менее 70% правильных ответов
--	---	--	-------------------	-----------------	-----------------	------------------------------

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- 1) Что характеризует переходная функция?
 - a) реакция системы на единичный скачок
 - b) реакция системы на единичный импульс
 - c) функция, которая описывает связь между входом и выходом при нулевых начальных условиях
- 2) Что характеризует передаточная функция?
 - a) реакция системы на единичный скачок
 - b) реакция системы на единичный импульс
 - c) функция, которая описывает связь между входом и выходом при нулевых начальных условиях
- 3) Что называют нулями передаточной функции?
 - a) максимальную степень числителя передаточной функции
 - b) максимальную степень знаменателя передаточной функции
 - c) корни полинома в числителе передаточной функции
 - d) корни полинома в знаменателе передаточной функции
- 4) Что называют полюсами передаточной функции?
 - a) максимальную степень числителя передаточной функции
 - b) максимальную степень знаменателя передаточной функции
 - c) корни полинома в числителе передаточной функции
 - d) корни полинома в знаменателе передаточной функции
- 5) Что определяет единичный ступенчатый сигнал?
 - a) мгновенное изменение входного сигнала с 0 до 1 в нулевой момент времени
 - b) мгновенное изменение входного сигнала с 0 до бесконечности в нулевой момент времени
- 6) При каких условиях передаточная функция может называться правильной?
 - a) степень числителя меньше степени знаменателя
 - b) степень числителя больше степени знаменателя
 - c) степень числителя равна степени знаменателя
- 7) При каких условиях передаточная функция может называться строго правильной?
 - a) степень числителя меньше степени знаменателя
 - b) степень числителя больше степени знаменателя
 - c) степень числителя равна степени знаменателя

- 8) При каких условиях передаточная функция может называться неправильной?
- степень числителя меньше степени знаменателя
 - степень числителя больше степени знаменателя
 - степень числителя равна степени знаменателя
- 9) Что характеризует диаграмма Бode?
- Логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики
 - Амплитудно-фазовые частотные характеристики
 - Логарифмическая амплитудная частотная характеристика
 - Логарифмическая фазовая частотная характеристика
- 10) В каких единицах измеряются значения по оси ординат на ЛАЧХ?
- в децибелах
 - в безразмерных величинах
 - в герцах (Гц)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

- Чему равны нули передаточной функции $w1(s)/w2(s)$, где $w1(s) = (s-2)(s+3)$, а $w2(s) = (s-1)(s-5)$?
 - 2
 - 3
 - 2
 - 3
 - 1
 - 5
 - 1
 - 5
- Как называется передаточная функция вида $w1(s)/w2(s)$, где $w1(s) = (s-2)(s+3)$, а $w2(s) = (s-1)(s-5)$?
 - строго правильная
 - правильная
 - неправильная
- Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида $w(s) = k$?
 - усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
- Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида $w(s) = k/(T*s+1)$?
 - усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
- Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида

- $w(s) = k/s?$
- усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
6. Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида $w(s) = k*s?$
- усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
7. Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида $w(s) = 5/s?$
- усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
8. Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида $w(s) = 10*s?$
- усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
9. Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида $w(s) = 5/(s+1)?$
- усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
10. Какое типовое динамическое звено имеет передаточную функцию вида $w(s) = 5*s?$
- усилитель
 - апериодическое звено
 - дифференцирующее звено
 - колебательное звено
 - интегрирующее звено
11. Найдите результирующую передаточную функцию двух последовательных звеньев $5s$ и $3s$
12. Найдите результирующую передаточную функцию двух параллельных звеньев $5s$ и $3s$

13. Найдите результирующую передаточную функцию звеньев $5s$ и $3s$, образующих отрицательную обратную связь
14. Найдите результирующую передаточную функцию звеньев $5s$ и $3s$, образующих положительную обратную связь
15. Какие типовые звенья образуют передаточную функцию вида $w(s) = k*s/(T*s+1)$?
- последовательно соединенные дифференцирующее и апериодическое звенья
 - последовательно соединенные дифференцирующее и интегрирующее звенья
 - последовательно соединенные усилительное и апериодическое звенья
 - последовательно соединенные интегрирующее и апериодическое звенья
16. Чему равна эквивалентная передаточная функция двух последовательно соединенных звеньев с функциями $w1(s)$ и $w2(s)$?
- $w1(s) + w2(s)$
 - $w1(s) - w2(s)$
 - $w1(s) * w2(s)$
 - $w1(s) / w2(s)$
17. Чему равна эквивалентная передаточная функция двух параллельно соединенных звеньев с функциями $w1(s)$ и $w2(s)$?
- $w1(s) + w2(s)$
 - $w1(s) - w2(s)$
 - $w1(s) * w2(s)$
 - $w1(s) / w2(s)$
18. Что является результатом обратного преобразования Лапласа?
- оригинал функции
 - изображение функции
 - комплексная переменная
 - переменная времени
19. Что является результатом прямого преобразования Лапласа?
- оригинал функции
 - изображение функции
 - комплексная переменная
 - переменная времени

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- Основное буквенное обозначение функции "сигнализация" на схеме автоматизации
- Основное буквенное обозначение плотности на схеме автоматизации
- Основное буквенное обозначение расхода на схеме автоматизации
- Основное буквенное обозначение уровня на схеме автоматизации
- Основное буквенное обозначение влажности на схеме автоматизации
- Основное буквенное обозначение давления на схеме автоматизации
- Основное буквенное обозначение вязкости на схеме автоматизации
- Основное буквенное обозначение массы на схеме автоматизации

9. Основное буквенное обозначение температуры на схеме автоматизации
 10. Основное буквенное обозначение электрической величины на схеме автоматизации

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Разомкнутые и замкнутые схемы системы автоматического регулирования и управления. Классификация систем управления. Переходная функция. Импульсная характеристика. Передаточная функция и оператор дифференцирования. Прямое и обратное преобразование Лапласа и его свойства. Частотные характеристики. Фильтры частот. Усилительное звено. Аперриодическое звено. Колебательное звено. Интегрирующее звено. Дифференцирующие звенья. Звено запаздывания. Основные правила преобразования структурных схем. Основные требования к управлению. Устойчивость. Виды устойчивости. Устойчивость по Ляпунову. Критерий Гурвица. Критерий Найквиста. Частотные и корневые оценки качества системы. Робастность.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 14 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 14 до 16 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 18 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	<i>Основные понятия систем управления</i>	ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	<i>Типовые динамические звенья</i>	ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	<i>Структурные схемы</i>	ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к

			курсовому проекту....
4	<i>Анализ систем управления</i>	ПК-8	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование, решение стандартных и прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 20 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1) Поляков К.Ю. *Основы теории автоматического управления: учеб. пособие.* — СПб.: Изд-во СПбГМУ, 2012. — 234 с. ISBN 978-5-88303-560-8.

2) Милошенко В.Е. *Системы автоматического регулирования в криогенной технике: учеб. пособие / В.Е. Милошенко, М.А. Авдеев.* Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. 119 с.

3) Бесекерский В.А. Попов Е.П., *Теория систем автоматического управления - 4-е изд.* СПб. Профессия. 2003.

4) *Сборник задач по теории автоматического управления: учебно-методическое пособие для студентов технических специальностей / сост. В.А. Бороденко.* - Павлодар: Кереку, 2009. - 112 с.

5) Яковлева, Е. М. *Системы автоматического управления : учебное пособие для СПО / Е. М. Яковлева.* — Саратов : Профобразование, 2021. — 199 с. — ISBN 978-5-4488-0915-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99939.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/99939>

6) Масляницын, А. П. *Синтез и анализ систем автоматического управления в программе Mathcad : учебное пособие / А. П. Масляницын.* — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. — 79 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/111774.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- 1) <https://www.danfoss.com>
- 2) <https://old.education.cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы теории автоматического регулирования» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета в области автоматизации технологических процессов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому

та	<p>усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--