

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Управление техническими системами

(Наименование дисциплины)

**«25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей,
направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и
беспилотных авиационных систем»»**

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	Д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	76
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	18

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Управление техническими системами» входит в «Обязательную часть дисциплин» подготовки обучающихся по направлению подготовки «25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ПК-2. Способен к организации и управлению процессами предполетной подготовки воздушных судов, технической эксплуатации, обслуживания и ремонта авиационной техники

Дескрипторы универсальной компетенции:

ПК-2.1. Способен к организации и управлению процессами предполетной подготовки и технической эксплуатации воздушных судов.

ПК-2.2. Способен к организации и управлению процессами технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ПК-2.1. Способен к организации и управлению процессами предполетной подготовки и технической эксплуатации воздушных судов. ПК-2.2. Способен к организации и управлению процессами технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС.	Знает: ИД 1 ПК-2.1 Порядок и методы организации и управления процессами предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ПК-2.2 Порядок и методы организации и управления процессами технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ПК-2.1 Осуществлять организацию и управление процессами предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ПК-2.2 Осуществлять организацию и управление процессами технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки: ИД 5 ПК-2.1 Осуществления функций организации и

		управления процессами предполетной подготовки и эксплуатации воздушных судов (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ПК-2.2 Осуществления функций организации и управления процессами технического обслуживания и ремонта авиационной техники и БАС (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	--

1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1	Основы инженерной деятельности	Основы беспилотных авиационных систем
2	Основы схемотехники	Системы и оборудование воздушных судов

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»**;
- Учебного плана направления подготовки «**25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль) «Инженерно-техническое обеспечение устройств и беспилотных авиационных систем»»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	1. Введение в теорию управления и классификацию систем	10	2		8	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
2	2. Математическое описание динамических систем	12	2	2	8	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
3	3. Анализ качества процессов управления во временной области	14	2	2	10	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
4	4. Частотные характеристики и критерии устойчивости	16	2	4	10	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
5	5. Качество работы систем в установившемся режиме	14	2	2	10	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
6	6. Основы синтеза корректирующих устройств	12	2		10	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
7	7. Цифровые системы управления и импульсные процессы	16	2	4	10	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
8	8. Оптимальное и адаптивное управление сложными техническими объектами	14	2	2	10	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
Вид промежуточной аттестации (Зачет)						
Итого		108	16	16	76	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

1. Введение в теорию управления и классификацию систем Основные понятия: объект управления, управляющее воздействие, возмущающее воздействие. Классификация технических систем (линейные/нелинейные, стационарные/нестационарные, непрерывные/дискретные). Принципы разомкнутого и замкнутого управления. Обратная связь как фундаментальный принцип автоматики.

2. Математическое описание динамических систем Понятие передаточной функции. Использование преобразования Лапласа для анализа линейных систем. Моделирование типовых звеньев: усилительное, интегрирующее, дифференцирующее, апериодическое 1-го и 2-го порядка, колебательное. Структурные схемы САУ и правила их преобразования.

3. Анализ качества процессов управления во временной области Переходная характеристика (*Step Response*) системы. Прямые показатели качества: время регулирования, перерегулирование, статическая ошибка, декремент затухания. Оценка устойчивости по расположению корней характеристического уравнения на комплексной плоскости.

4. Частотные характеристики и критерии устойчивости Амплитудно-фазочастотная характеристика (АФЧХ). Критерии устойчивости Найквиста и Михайлова. Запасы устойчивости по амплитуде и фазе. Построение логарифмических частотных характеристик (ЛАЧХ и ЛФЧХ).

5. Качество работы систем в установившемся режиме Статические ошибки систем автоматического управления при различных типовых входных воздействиях (ступенчатом, линейном, параболическом). Коэффициенты ошибок. Повышение точности путем увеличения коэффициента усиления или введения неединичной обратной связи.

6. Основы синтеза корректирующих устройств Цели коррекции динамических свойств. Последовательные и параллельные корректирующие устройства. Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор): влияние каждой составляющей (PPP, PI, DDD) на качество процесса. Методы настройки параметров регуляторов (метод Зиглера — Никольса).

7. Цифровые системы управления и импульсные процессы Дискретизация сигналов. Z-преобразование. Особенности математического описания цифровых контроллеров. Понятие квантования по времени и уровню. Эффект наложения (*Aliasing*) и теорема Котельникова (Найквиста) в управлении.

8. Оптимальное и адаптивное управление сложными техническими объектами Методы теории оптимального управления (принцип максимума Понтрягина, уравнение Беллмана). Адаптивные системы с эталонной моделью и самонастраивающиеся системы. Примеры применения интеллектуальных алгоритмов (Fuzzy Logic, нейросетевые регуляторы) в современных комплексах.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	1. Введение в теорию управления и классификацию систем
ПЗ 2	2. Математическое описание динамических систем
ПЗ 3, 4	3. Анализ качества процессов управления во временной области
ПЗ 5	4. Частотные характеристики и критерии устойчивости
ПЗ 6, 7	5. Качество работы систем в установившемся режиме
ПЗ 8	6. Основы синтеза корректирующих устройств

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	1. Введение в теорию управления и классификацию систем	ПЗ	Метод кейсов	75
2	2. Математическое описание динамических систем	Л	Лекция-ситуация	25
3	3. Анализ качества процессов управления во временной области	ПЗ	Метод кейсов	75
4	4. Частотные характеристики и критерии устойчивости	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	5. Качество работы систем в установившемся режиме	Л	Мозговой штурм	50
6	6. Основы синтеза корректирующих устройств	ПЗ	Метод кейсов	75
7	7. Цифровые системы управления и импульсные процессы	ПЗ	Метод кейсов	75
8	8. Оптимальное и адаптивное управление сложными техническими объектами	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	1. Введение в теорию управления и классификацию систем	1, 2	1, 3, 5
2	2. Математическое описание динамических систем	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	3. Анализ качества процессов управления во временной области	7, 8, 9	3, 4, 5
4	4. Частотные характеристики и критерии устойчивости	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	5. Качество работы систем в установившемся режиме	14, 15, 16	3, 4, 5
6	6. Основы синтеза корректирующих устройств	17, 18	2, 3, 5
7	7. Цифровые системы управления и импульсные процессы	19-25	1, 3, 5
8	8. Оптимальное и адаптивное управление сложными техническими объектами	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Анализ устойчивости нелинейных систем методом фазовой плоскости. Построение фазовых портретов для консервативных и диссипативных систем (маятник с трением и без).
2. Применение преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений динамики звеньев САУ. Переход от временной области к комплексной переменной p (операторный метод).
3. Сравнительный анализ критериев устойчивости Гурвица, Рауса и Михайлова. Определение критического коэффициента усиления системы 4-го порядка.
4. ПИД-регуляторы: методы автоматической настройки параметров (*Auto-tuning*). Алгоритмы Циглера — Никольса и Козна — Куна в современных промышленных контроллерах.
5. Цифровая фильтрация шумов измерений в контуре управления. Реализация фильтров Баттерворта и Чебышева на микроконтроллерах STM32/Arduino.
6. **Управление техническими системами с транспортным запаздыванием (Dead Time)*. Использование предиктора Смита для компенсации задержки сигнала в трубопроводах или конвейерных линиях.
7. Робастное управление: обеспечение работоспособности системы при неопределенности параметров объекта. Метод *H-бесконечность* (H_∞) для синтеза регуляторов авиационных систем.
8. Оптимизация расхода топлива ГТД методами вариационного исчисления. Задача о наивыгоднейшем профиле набора высоты самолета.
9. **Адаптивные системы управления с эталонной моделью (MRAC)*. Самонастройка коэффициентов автопилота беспилотного летательного аппарата при изменении полетной массы.
10. Нечеткая логика (*Fuzzy Logic*) в управлении сложными объектами. Разработка базы правил и функций принадлежности для климат-контроля здания или системы впрыска ДВС.
11. Искусственные нейронные сети как идентификаторы динамических характеристик турбины. Применение многослойного перцептрона для прогнозирования износа лопаток по данным вибродиагностики.
12. Скользящие режимы (*Sliding Mode Control*) в релейных системах автоматического управления. Проблема «дребезга» (*chattering*) и методы ее сглаживания в электроприводах рулевых поверхностей.

13. Каскадные системы регулирования температуры и давления в технологических установках. Взаимосвязь внутреннего (быстрого) и внешнего (медленного) контуров стабилизации процесса.
14. Управление многомерными связанными объектами (ММО-системы). Декомпозиция каналов управления квадрокоптером по осям тангажа, крена и рыскания.
15. Импульсные системы автоматического управления и теорема Котельникова. Влияние частоты дискретизации на устойчивость цифрового фильтра нижних частот.
16. Диагностика отказов датчиков в реальном времени методом аналитической избыточности. Использование наблюдателя Люенбергера для обнаружения заклинивания потенциометра руля высоты.
17. Стохастические системы управления: фильтр Калмана для навигации БПЛА. Оптимальная оценка координат дрона путем слияния данных GPS и инерциальной навигационной системы (ИНС).
18. Синергетическое управление: синтез законов через совокупность асимптотических инвариантов. Приложения теории в энергетике и робототехнике.
19. Аппроксимация экспериментальных переходных характеристик типовыми передаточными функциями. Методы площадей (метод Симою) для идентификации объектов, не имеющих точной математической модели.
20. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) в автоматизации производственных линий. Языки стандарта МЭК 61131-3 (LD, FBD, ST) для реализации алгоритмов управления станками ЧПУ.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	1. Введение в теорию управления и классификацию систем	УО		ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
2	2. Математическое описание динамических систем	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
3	3. Анализ качества процессов управления во временной области	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
4	4. Частотные характеристики и критерии устойчивости	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
5	5. Качество работы систем в установившемся режиме	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
6	6. Основы синтеза корректирующих устройств	УО		ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
7	7. Цифровые системы управления и импульсные процессы	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2

8	8. Оптимальное и адаптивное управление сложными техническими объектами	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК-2.1 ИД 2 ПК-2.2 ИД 3 ПК-2.1 ИД 4 ПК-2.2 ИД 5 ПК-2.1 ИД 6 ПК-2.2
---	--	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Построение структурной схемы САУ. По заданному описанию системы регулирования температуры в камере сгорания ГТД (объект — печь, датчик — термопара, регулятор — ПИД) составить эквивалентную структурную схему и определить передаточную функцию разомкнутой системы.

2. Анализ устойчивости по критерию Гурвица. Для замкнутой системы с передаточной функцией $W(p) = \frac{K}{p(p+1)(p+2)}$ найти критическое значение коэффициента усиления $K_{кр}$, при котором система выходит на границу устойчивости.

3. Определение показателей качества переходного процесса. По представленному графику реакции системы на единичное ступенчатое воздействие вычислить время нарастания (t_{pt_ptp}), время регулирования ($t_{pert_pertreg}$) при 5% коридоре и величину максимального перерегулирования (σ).

4. Синтез ПИ-регулятора методом ЛАЧХ. Для объекта управления с передаточной функцией $W_{obj}(p) = \frac{10}{p(0.5p+1)}$ построить желаемую логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ), обеспечивающую запас устойчивости по фазе не менее 45 градусов, и определить параметры регулятора (K_p, K_r, T_i, T_d).

5. Расчет установившейся ошибки. Определить статическую ошибку системы стабилизации курса судна при отработке постоянного возмущающего момента (ветра), если известно, что добротность системы по скорости равна $K_v = 20$.

6. Z-преобразование дискретной последовательности. Найти Z-изображение для решетчатой функции $f[k] = \{1, 2, 3, 2, 1\}$, представляющей импульсную реакцию корректирующего звена цифрового фильтра.

7. Моделирование работы наблюдателя Люенбергера. В среде Python/Simulink реализовать модель двигателя постоянного тока. Создать наблюдатель состояния для оценки угловой скорости ротора по зашумленному сигналу датчика положения (энкодера).

8. Настройка ПИД-регулятора методом Зиглера — Никольса. По данным эксперимента, где возникли незатухающие колебания с периодом $T_u = 1.2$ сек при коэффициенте усиления $K_u = 2.5$, рассчитать рекомендуемые параметры K_p, T_i, T_d для ПИД-закона.

9. Управление объектом с транспортным запаздыванием. Проанализировать влияние чистого запаздывания $\tau = 0.5$ сек на устойчивость системы с передаточной функцией апериодического звена $W(p) = \frac{5}{2p+1}$. Оценить изменение запаса по фазе.

10. Реализация алгоритма нечеткого вывода (*Fuzzy Logic*). Разработать базу правил («Если Ошибка Большая Положительная И Производная Ошибки Малая Отрицательная, То Управляющее Воздействие Среднее») для контроллер-драйвера сервопривода заслонки воздухозаборника.
11. Фильтрация сигнала датчика акселерометра БПЛА. Применить цифровой фильтр Баттерворта низких частот 2-го порядка к массиву данных вибрации корпуса дрона для выделения гравитационной составляющей от высокочастотных шумов двигателей.
12. Оптимальное быстроедействие (задача о «разгоне-торможении»). Рассчитать управляющее напряжение $U(t)U(t)U(t)$ для электропривода антенны, которое переведет ее из угла 0° в угол 90° за минимально возможное время при ограничении $|U| \leq 24B|U| \leq 24B|U| \leq 24B$.
13. Каскадное регулирование уровня жидкости. Составить функциональную схему системы, где внутренний контур стабилизирует расход воды через клапан, а внешний управляет уровнем в резервуаре. Записать передаточные функции обоих контуров.
14. Оценка параметров модели методом наименьших квадратов. По экспериментальным данным вход-выход технологического аппарата подобрать коэффициенты дифференциального уравнения 2-го порядка $a_2y'' + a_1y' + a_0y = bua_2\ddot{y} + a_1\dot{y} + a_0y = bua_2y'' + a_1y' + a_0y = bu$.
15. Робастный анализ неопределенности. Для системы с номинальным объектом $W_0(s) = \frac{1}{s+1}$ и мультипликативной неопределенностью $|\Delta(j\omega)| < 0.2$ проверить выполнение условия робастной устойчивости Найквиста во всем диапазоне изменений параметров.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

1. Математическое описание линейных динамических систем. Использование преобразования Лапласа и передаточных функций для анализа типовых звеньев (интегрирующего, апериодического, колебательного).
2. Критерии устойчивости автоматических систем. Сравнительный анализ алгебраических критериев (Гурвица, Рауса) и частотных критериев (Михайлова, Найквиста) при проектировании регуляторов.
3. Синтез ПИД-регуляторов: классические и современные методы настройки. Применение методов Зиглера — Никольса, CHR и автоматизированная автонастройка (*auto-tuning*) в промышленных контроллерах.
4. Цифровые системы управления и Z-преобразование. Особенности дискретизации сигналов, теорема Котельникова и синтез алгоритмов управления на микроконтроллерах.
5. Управление объектами с транспортным запаздыванием (*Dead Time*). Анализ влияния задержки сигнала на устойчивость и применение предиктора Смита для ее компенсации.
6. Робастное управление техническими системами в условиях параметрической неопределенности. Метод *H-бесконечность* (H_∞) как средство обеспечения гарантированных запасов устойчивости.
7. *Адаптивное управление с эталонной моделью (*MRAC*). Принципы самонастройки параметров автопилота беспилотного летательного аппарата при изменении полетной конфигурации.
8. Применение нечеткой логики (*Fuzzy Logic*) в задачах регулирования. Разработка баз правил для управления сложными нелинейными объектами (например, климатическими установками или инверторами).
9. Искусственные нейронные сети в идентификации и управлении динамическими объектами. Использование многослойных перцептронов для моделирования характеристик турбореактивных двигателей.
10. Скользящие режимы (*Sliding Mode Control*) в релейных системах. Проблема «дребезга» (*chattering*) и методы ее решения в электроприводах рулевых поверхностей ЛА.
11. Оптимальное управление по быстродадействию (задача о брахистохроне для двигателя). Принцип максимума Понтрягина применительно к разгону электромеханических систем.
12. Стохастические системы и фильтрация Калмана. Оптимальная оценка состояния навигационных систем БПЛА путем слияния данных ИНС и спутниковой навигации.

13. Каскадные системы автоматического регулирования. Взаимосвязь контуров стабилизации температуры и расхода теплоносителя в теплообменных аппаратах авиационных систем.

14. Модальное управление: размещение полюсов замкнутой системы. Синтез закона управления для достижения заданных показателей качества (времени затухания и частоты колебаний).

15. Синергетическая теория управления и принцип направляющих макропрограмм. Аналитический синтез законов управления сложными многомерными энергетическими комплексами.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Раскройте сущность принципа обратной связи в управлении техническими системами. Сравните структуры разомкнутых и замкнутых систем автоматического управления (САУ).

2. Дайте определение передаточной функции линейной системы. Как с помощью преобразования Лапласа осуществляется переход от дифференциальных уравнений к алгебраическим?

3. Охарактеризуйте типовые динамические звенья САУ (усилительное, интегрирующее, апериодическое 1-го порядка). Приведите примеры их физических аналогов.

4. Что такое структурная схема САУ? Перечислите основные правила преобразования структурных схем при переносе узла суммирования и съема сигнала.

5. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица. Для чего используется главный определитель Гурвица и как определяется критический коэффициент усиления системы?

6. Опишите принцип работы критерия устойчивости Найквиста. Как по виду годографа амплитудно-фазочастотной характеристики (АФЧХ) судить об устойчивости замкнутой системы?

7. Что представляют собой запасы устойчивости по амплитуде и фазе? Как они определяются по логарифмическим частотным характеристикам (ЛАЧХ)?

8. Прямые показатели качества переходного процесса: дайте определения времени нарастания, времени регулирования и величины максимального перерегулирования (σ).

9. Статические ошибки САУ. Как определить установившуюся ошибку системы при обработке ступенчатого воздействия через коэффициенты ошибок?

10. ПИД-регуляторы: объясните физический смысл каждой составляющей (пропорциональной, интегральной, дифференциальной) и ее влияние на качество процесса.

11. Метод Зиглера — Никольса для настройки параметров регулятора. В чем заключается суть эксперимента по определению критической частоты и периода колебаний?

12. Особенности цифровых систем управления. Что такое период квантования и как теорема Котельникова (Найквиста) влияет на выбор частоты дискретизации?

13. Z-преобразование: его роль в анализе импульсных систем. Как связаны полюсы Z-передаточной функции с устойчивостью цифровой системы?

14. Управление объектами с транспортным запаздыванием. Почему чистое запаздывание ухудшает устойчивость и как работает предиктор Смита для его компенсации?

15. Робастное управление: постановка задачи обеспечения работоспособности системы при неопределенности параметров объекта. Понятие мультипликативной неопределенности.

16. Адаптивные системы управления. В чем разница между системами с идентификатором и системами с моделью высокого порядка (MRAC)?

17. Принципы нечеткого (Fuzzy) управления. Из каких блоков состоит контроллер на нечеткой логике (фаззификация, база правил, дефаззификация)?

18. Оптимальное управление: задача о быстродадействии. Сформулируйте условие переключения управляющего сигнала согласно принципу максимума Понтрягина для двигателя постоянного тока.

19. Стохастические системы. В чем преимущество фильтра Калмана перед простым усреднением сигналов датчиков при оценке состояния технического объекта?

20. Каскадные системы регулирования. Объясните назначение внутреннего («ведущего») и внешнего («ведомого») контуров на примере стабилизации температуры в камере сгорания ГТД.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется отношение изображения выходного сигнала системы к изображению входного сигнала при нулевых начальных условиях? а) Амплитудно-фазовая характеристика; б) Переходная функция; в) Передаточная функция; г) Весовая функция. **Правильный ответ: в)**

2. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой критерий устойчивости позволяет судить об устойчивости замкнутой системы по виду АФЧХ разомкнутой системы? а) Критерий Гурвица; б) Критерий Михайлова; в) Критерий Найквиста; г) Метод Рауса. **Правильный ответ: в)**

3. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Что характеризует коэффициент перерегулирования (σ)? а) Время достижения первого максимума; б) Отношение разности максимального значения и установившегося к установившемуся значению, выраженное в процентах; в) Статическую ошибку системы; г) Угол наклона логарифмической амплитудной характеристики. **Правильный ответ: б)**

4. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В чем заключается основное преимущество ПИД-регулятора перед пропорциональным (П) регулятором? а) Уменьшает время выхода на режим и устраняет статическую ошибку; б) Делает систему нелинейной; в) Исключает необходимость обратной связи; г) Работает только в цифровых системах. **Правильный ответ: а)**

5. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какое условие должно выполняться для устойчивости дискретной системы относительно Z-плоскости? а) Все корни должны лежать вне единичной окружности; б) Все корни должны находиться строго внутри единичного круга; в) Корни должны лежать на мнимой оси; г) Количество корней должно быть четным. **Правильный ответ: б)**

6. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие из перечисленных элементов являются типовыми динамическими звеньями САУ? а) Аperiodическое звено 1-го порядка; б) Механический редуктор без инерции; в) Идеальное интегрирующее звено; г) Источник постоянного напряжения. **Правильный ответ: а), в)**

7. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие показатели определяют точность работы системы в установившемся режиме? а) Запас устойчивости по фазе; б) Коэффициенты ошибок ($C_0, C_1, \dots, C_0, C_1, \dots$); в) Величина статической ошибки; г) Собственная частота колебаний. **Правильный ответ: б), в)**

8. На установление последовательности

Укажите правильную последовательность этапов синтеза корректирующего устройства методом ЛАЧХ:

1. Построение желаемой ЛАЧХ;
2. Определение ЛАЧХ объекта управления;

3. Вычитание ординат ЛАЧХ объекта из желаемой ЛАЧХ;
4. Реализация полученного графика как схемы регулятора. **Правильный ответ: 2-1-3-**

4

9. На установление последовательности

Укажите правильную последовательность реакции апериодического звена 1-го порядка на ступенчатый сигнал:

1. Экспоненциальный рост до 63% от номинала за одну постоянную времени;
2. Мгновенный скачок входа;
3. Установление значения с ошибкой менее 5%;
4. Постепенное замедление скорости роста. **Правильный ответ: 2-1-4-3**

10. На установление соответствия

Установите соответствие между типом регулятора и его воздействием на процесс:

Тип	Воздействие
А) П (Пропорциональный)	1) Устраняет статическую ошибку, но может вызвать автоколебания
Б) И (Интегральный)	2) Ускоряет реакцию на быстрые изменения (предсказывает будущее)
В) Д (Дифференциальный)	3) Увеличивает быстродействие, но оставляет ошибку

Правильный ответ: А – 3, Б – 1, В – 2

11. На установление соответствия

Установите соответствие между критерием качества и его физическим смыслом:

Критерий	Смысл
А) $\int t^2$ (Интегральный квадратичный)	1) Минимизирует площадь отклонения без учета знака
Б) $\int I $ (Интегральный модуль)	2) Наказывает большие выбросы сильнее малых за счет квадрата
В) $\int t$ (Линейный с временем)	3) Придает больший вес ошибкам в конце процесса

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

12. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Устройство или алгоритм, вырабатывающий управляющее воздействие на объект в соответствии с заложенным в него законом управления. **Правильный ответ:** регулятор

13. Открытого типа с одним-двумя словами

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Разность между заданным значением управляемой величины и ее фактическим значением в данный момент времени. **Правильный ответ:** ошибка регулирования

14. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Что такое «робастность» системы автоматического управления? Приведите пример фактора неопределенности параметров. **Правильный ответ:** свойство системы сохранять устойчивость и приемлемое качество при изменении параметров объекта в заданных пределах; пример — изменение массы самолета при выработке топлива.

15. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Объясните физический смысл «наблюдателя состояния» (*State Observer*) и причину его использования вместо прямых измерений всех координат системы. **Правильный ответ:** математическая модель, оценивающая неизмеряемые переменные состояния объекта на основе данных о входе и измеримом выходе; используется, когда установка датчиков на все координаты невозможна или слишком дорога.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Сафиуллин, Р. Н. Управление техническими системами : учебное пособие для вузов / Р. Н. Сафиуллин, Р. Р. Сафиуллин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 344 с. — ISBN 978-5-507-53014-4.

2. Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие для вузов / Л. Д. Певзнер. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 448 с. — ISBN 978-5-507-49635-8.

7.2. Дополнительная литература

3. Волков, М. А. Управление техническими и технологическими системами : учебное пособие / М. А. Волков, А. Ю. Постыляков, Д. В. Исаков. — Москва : Инфра-Инженерия, 2022. — 252 с. — ISBN 978-5-9729-0787-8.

4. Белов, М. П. Технические средства интегрированных электроприводных систем : учебник / М. П. Белов, А. М. Белов. — Санкт-Петербург : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2024. — 208 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Меловая доска

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Управление техническими системами**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Управление техническими системами

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)