ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

РОСТОВСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ГА

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 13DE759CC81E7DCE9F325D44F50492B6
Владелец: Бобушев Сергей Алексеевич
Действителен: с 11.12.2023 до 05.03.2025

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по НиМР
_____И.А. Сизько
«25» мая 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б1.ОД.34 Пилотажно-навигационные комплексы**
(*шифр и название дисциплины*)

Направление подготовки: 25.03.02 Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

Квалификация (степень): Бакалавр

Профиль подготовки: Техническое обслуживание и ремонт авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

Кафедра: Авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

Курс обучения: 3, 4

Форма обучения: заочная

Общий объём учебных часов на дисциплину	216	*часов*	6 *з.е.*
Семестр	6, 7, 8		
Объём аудиторной нагрузки	30	*часов*	
Лекции	14	*часов*	
Практические занятия			
Лабораторные работы	16	*часов*	
Курсовая работа	8	*семестр*	
Контрольная работа	8	*семестр*	
Зачёт	7	*семестр*	
Дифференцированный зачёт			
Экзамен	8	*семестр*	
Объём самостоятельной работы студента	186	*часов*	

Ростов-на-Дону, 2022 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цель освоения дисциплины. Изучение студентами самолета как объекта управления, теории и практики автоматизированного управления полетом воздушных судов, принципа действия, устройства и особенностей автоматизированных и автоматических средств управления самолетом, а также их технической эксплуатации.

Задачи изучения дисциплины. Приобретение общепрофессиональных компетенций, направленных на *эксплуатационно-технологическую* и о*рганизационно-управленческую* профессиональную деятельность, к которым готовятся выпускники, освоившие программу бакалавриата.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины, наименование индикатора достижения, результаты обучения.

общепрофессиональные:

ОПК-3 - Способен применять теорию технической эксплуатации и основы конструкции и систем воздушных судов; электрических и электронных источников питания; приборного оборудования и систем индикации воздушных судов; систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования.

ИД-9$_{\text{ОПК-3}}$ исследовать объекты и процессы эксплуатации ПНК на основе профессиональных базовых знаний.

Результаты обучения:

знать:

ОПК-3.1.36 - теоретические положения, лежащие в основе принципов действия пилотажно-навигационных комплексов как объектов процессов технической эксплуатации;

уметь:

ОПК-3.2.27 - исследовать объекты и процессы технической эксплуатации пилотажно-навигационных комплексов;

владеть:

ОПК-3.3.12 - навыками исследования ПНК в процессах технической эксплуатации пилотажно-навигационных комплексов;

ИД-14$_{ОПК-3}$ анализировать работу функциональных систем, авиадвигателей ВС и АЭСиПНК в целях проведения контроля, диагностирования технического состояния.

Результаты обучения:

знать:

ОПК-3.1.59 - назначение, принцип действия, устройство и работу пилотажно-навигационных комплексов как объектов процессов эксплуатации;

уметь:

ОПК-3.2.48 -осуществлять контроль, диагностирование и прогнозирование технического состояния пилотажно-навигационных комплексов;

владеть:

ОПК-3.3.18 - навыками анализа работы функциональных систем, авиадвигателей ВС и АЭСиПНК в целях проведения контроля, диагностирования технического состояния.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина ***Пилотажно-навигационные комплексы*** относится к учебным дисциплинам обязательной части учебного плана образовательной программы направления подготовки 25.03.02 Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, квалификация (степень) – бакалавр.

Для успешного освоения данной дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными по дисциплинам:

Б1.ОД.10 Высшая математика;
Б1.ОД.12 Физика;
Б1.ОД.14 Основы электроники;
Б1.ОД.22 Бортовые цифровые вычислительные устройства;
Б1.ОД.24 Автоматика и управление;
Б1.ОД.25 Моделирование систем и процессов;
Б1.ОД.26 Основы аэродинамики;
Б1.ОД.27 Авиационные приборы;
Б1.ОД.28 Летательные аппараты и авиационные двигатели;
Б1.ОД.31 Основы технической диагностики;
Б1.ОД.32 Системы автоматического управления полетом
Б1.ОД.33 Авиационные информационно-измерительные системы

Б1.ОД.35 Бортовые радиоэлектронные системы
Б1.ОД.37 Компьютерные сети и интернет-технологии
Б1.ОД.38 Введение в профессию
Б1.ОД.40 Основы теории надежности.

в частности:

знать:

- основные понятия, законы и методы высшей математики, их теоретические основания и практическое применение в профессиональной деятельности;
- фундаментальные физические законы, описывающие процессы и явления в природе;
-принятые в естественных науках методы познания и эксперимента;
– основные понятия теории моделирования;
– основные типы моделей процессов и систем;
– основные требования, предъявляемые к разработке математических моделей;
– способы построения математических моделей простейших систем и процессов в естествознании и технике;
– основные математические методы, применяемые в моделировании;
- теоретические положения, лежащие в основе принципов действия элементов автоматики и управления;
- теоретические положения, лежащие в основе принципов действия бортовых цифровых вычислительных устройств как объектов процессов технической эксплуатации;
- теоретические положения, лежащие в основе принципов действия систем автоматического управления полетом как объектов процессов технической эксплуатации;
- назначение, принцип действия, устройство и работу систем автоматического управления полетом как объектов процессов эксплуатации

и т.д.

уметь:

- применять методы высшей математики в рамках дисциплины и при решении профессиональных задач;
- применять физические законы для объяснения функционирования механизмов, явлений природы;
– составлять математическое описание математических моделей;
– проводить вычислительный эксперимент на детерминированной математической модели;
- исследовать объекты и процессы технической эксплуатации элементов автоматики и управления;

- исследовать объекты и процессы технической эксплуатации бортовых цифровых вычислительных устройств;

- исследовать объекты и процессы технической эксплуатации систем автоматического управления полетом;

- осуществлять контроль, диагностирование и прогнозирование технического состояния систем автоматического управления полетом

и т.д.

владеть:

- навыками применения физических законов для проведения оценок значений параметров физических систем;

– методикой разработки моделей в научных и инженерных исследованиях;

– методикой применения моделей в научных и инженерных исследованиях;

– методами оценки адекватности моделей поведению изучаемого объекта;

- навыками исследования ПНК в процессах технической эксплуатации;

- навыками анализа работы функциональных систем, авиадвигателей ВС и АЭСиПНК в целях проведения контроля, диагностирования технического состояния

и т.д.

Освоение дисциплины ***Пилотажно-навигационные комплексы*** необходимо для последующих дисциплин:

Б1.ВД.М.1.3 Авионика самолетов;

Б1.ВД.М.2.3 Авионика вертолетов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___6__ зачетных единиц, _218__ часов.

№ п/п	Раздел Дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
			Л	Пр	Лаб	СРС	
1.	**РАЗДЕЛ 1. Стабилизация и управление угловым положением самолета**	**6,7,8**	**6**		**8**	**12**	
2.	Тема 1.1.Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа.		2		4	4	Защита лабораторной работы №1
3.	Тема 1.2. Автоматическая стабилизация и управление углом крена.		2		4	4	Защита лабораторной работы №2
4.	Тема 1.3. Автоматическая стабилизация и управление курсом.		2			4	
5.	**РАЗДЕЛ 2 Управление траекторным движением на маршруте**	**6,7,8**	**6**		**8**	**24**	
6.	Тема 2.1. Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением		2		4	8	
7.	Тема 2.2. Автоматическая стабилизация и управление боковым траекторным движением		2		4	8	Защита лабораторной работы №3
8.	Тема 2.3. Автоматическая стабилизация и управление скоростью полета и числом М на маршруте		2			8	Защита лабораторной работы №4
9.	**РАЗДЕЛ 3. Управление траекторным движением при заходе на посадку.**	**6,7,8**	**2**			**30**	
10	Тема 3.1. Директорное и автоматическое управление боковым траекторным движением при заходе на посадку		2			10	
11	Тема 3.2. Директорное и автоматическое управление продольным траекторным движением при заходе на					10	

	посадку						
12	Тема 3.3. Автоматическое управление скоростью при заходе на посадку					10	
13	**РАЗДЕЛ 4. Управление траекторным движением на взлете, при посадке и уходе на второй круг**	**7,8**				**36**	
14	Тема 4.1. Директорное и автоматическое управление взлетом					12	
15	Тема 4.2. Автоматическое управление посадкой					12	
16	Тема 4.3. Директорное и автоматическое управление уходом на второй круг					12	
17	**РАЗДЕЛ 5. Обеспечение безопасности автоматизированного и автоматического управления**	**7,8**				**16**	
18	Тема 5.1. Обеспечение отказоустойчивости и отказобезопасности. Встроенный контроль.					8	
19	Тема 5.2. Контролируемые резервированные функциональные структуры					8	
20	**РАЗДЕЛ 6. Цифроаналоговые системы устойчивости и автоматического управления**	**7,8**				**16**	
21	Тема 6.1. Цифроаналоговые СУУ					8	
22	Тема 6.2. Цифроаналоговые САУ					8	
23	**РАЗДЕЛ 7. Пилотажно-навигационные комплексы и комплексы авионики**	**7,8**				**16**	
24	Тема 7.1. Пилотажно-навигационные комплексы					10	
25	Тема 7.2. Комплексы авионики					6	
26	Контрольная работа	**8**				**18**	Защита Кр
27	**КУРСОВАЯ РАБОТА**	**8**				**18**	Защита курсовой работы
28	**Форма промежуточной аттестации – *зачет и экзамен***	**7,8**					
29	ИТОГО:		**14**		**16**	**186**	

Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций

Разделы дисциплины, темы (наименования)	*Колич. часов*	*Компетенции (знания, умения, навыки)*						
		ОПК-3.1.36	ОПК-3.1.59	ОПК-3.2.27	ОПК-3.2.48	ОПК-3.3.12	ОПК-3.3.18	*Σ общее количество компетенций*
РАЗДЕЛ 1. Стабилизация и управление угловым положением самолета	**26**	+		+		+		1
Тема 1.1.Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа.	10	+		+		+		1
Тема 1.2. Автоматическая стабилизация и управление углом крена.	10	+		+		+		1
Тема 1.3. Автоматическая стабилизация и управление курсом.	6	+		+		+		1
РАЗДЕЛ 2 Управление траекторным движением на маршруте	**38**	+		+		+		1
Тема 2.1. Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением	14	+		+		+		1
Тема 2.2. Автоматическая стабилизация и управление боковым траекторным движением	14	+		+		+		1
Тема 2.3. Автоматическая стабилизация и управление скоростью полета и числом М на маршруте	10	+		+		+		1
РАЗДЕЛ 3. Управление траекторным движением при заходе на посадку.	**32**	+		+		+		1
Тема 3.1. Директорное и автоматическое управление боковым траекторным движением при заходе на посадку	12	+		+		+		1
Тема 3.2. Директорное и автоматическое управление продольным траекторным движением при заходе на посадку	10	+		+		+		1
Тема 3.3. Автоматическое управление скоростью при заходе на посадку	10	+		+		+		1
РАЗДЕЛ 4. Управление траекторным движением на взлете, при посадке и уходе на второй круг	**36**		+		+		+	1
Тема 4.1. Директорное и автоматическое управление взлетом	12		+		+		+	1
Тема 4.2. Автоматическое управление посадкой	12		+		+		+	1

Тема 4.3. Директорное и автоматическое управление уходом на второй круг	12		+		+		+	1
РАЗДЕЛ 5. Обеспечение безопасности автоматизированного и автоматического управления	**16**		+		+		+	1
Тема 5.1. Обеспечение отказоустойчивости и отказобезопасности. Встроенный контроль.	8		+		+		+	1
Тема 5.2. Контролируемые резервированные функциональные структуры	8		+		+		+	1
РАЗДЕЛ 6. Цифроаналоговые системы устойчивости и автоматического управления	**16**		+		+		+	1
Тема 6.1. Цифроаналоговые СУУ	8		+		+		+	1
Тема 6.2. Цифроаналоговые САУ	8		+		+		+	1
РАЗДЕЛ 7. Пилотажно-навигационные комплексы и комплексы авионики	**16**	+	+	+	+	+	+	1
Тема 7.1. Пилотажно-навигационные комплексы	10	+	+	+	+	+	+	1
Тема 7.2. Комплексы авионики	6	+	+	+	+	+	+	1
Контрольная работа	18	+	+	+	+	+	+	
Курсовая работа	18	+	+	+	+	+	+	
Итого:	**216**							**1**

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Стабилизация и управление угловым положением самолета (26 ч).

Лекция 1 (2 ч).

Тема 1.1. Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа.

Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа. Пилотажная задача. Автопилот угла тангажа. Закон управления автопилота угла тангажа. Передаточный коэффициент по углу тангажа. Схема электромеханического автопилота угла тангажа. Схема электрогидравлического автопилота угла тангажа. Принцип действия автопилотов угла тангажа. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Управление продольным короткопериодическим движением самолета с помощью автопилота угла тангажа. Процессы устранения начального отклонения угла тангажа. Качество переходных процессов при ступенчатом управляющем воздействии. Процесс устранения АП тангажа с ЖОС внешнего ступенчатого моментного возмущения. Статическая ошибка. Процесс устранения вертикального ветрового возмущения.

Литература: [осн. 1].

Самостоятельная работа студента (4ч). Проработка теоретического материала лекции, подготовка к лабораторной работе, подготовка контрольной и курсовой работы.

Особенности законов управления автопилотов угла тангажа. Способы обеспечения астатизма. АП тангажа с ИОС. Процесс устранения АП тангажа с ИОС внешнего ступенчатого возмущения. АП тангажа с ПИД-управлением. АП тангажа дополнительным интегрирующим сервоприводом. Особенности законов управления в режиме стабилизации и управления углом тангажа. Эксплуатационные особенности АП тангажа. Влияние отказов и характеристик элементов АП тангажа на управление продольным движением. Пассивные и активные отказы в контуре сервопривода. Пассивные и активные отказы в контуре угловой скорости. Отказы в цепи согласования. Обеспечение плавного отключения отказавшего АП. Влияние ошибок измерителей угла тангажа и угловой скорости тангажа. Влияние зоны нечувствительности в сервоприводе. Влияние разрегулировок передаточных коэффициентов.

Лабораторная работа №1. (4 ч) Исследование динамики замкнутых систем "самолет – средства автоматического управления" в продольном движении на математической модели

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Лекция 2 (2 ч).

Тема 1.2. Автоматическая стабилизация и управление углом крена.

Автоматическая стабилизация и управление углом крена. Принцип действия автопилотов угла крена. Автопилот угла крена. Закон управления автопилота угла крена. Передаточный коэффициент по углу крена. Схема автопилота угла крена. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Управление боковым короткопериодическим движением самолета с помощью автопилота угла крена. Процессы устранения начального отклонения угла крена. Качество переходных процессов при ступенчатом управляющем воздействии. Процесс устранения АП крена с ЖОС внешнего ступенчатого моментного возмущения. Статическая ошибка. Особенности законов управления АП крена. Особенности законов управления в режиме управления от рукоятки “Крен”. Эксплуатационные особенности АП крена. Влияние отказов и характеристик элементов АП крена на управление боковым движением. Пассивные и активные отказы в контуре сервопривода. Пассивные и активные отказы в контуре угловой скорости. Отказы в цепи согласования. Обеспечение плавного отключения отказавшего АП. Влияние ошибок измерителей угла крена и угловой скорости крена. Влияние зоны нечувствительности в сервоприводе. Влияние разрегулировок передаточных коэффициентов.

Литература: [осн. 1].

Самостоятельная работа студента (4ч). Проработка теоретического материала лекции, подготовка к лабораторной работе, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Лабораторная работа №2. (4 ч) Исследование динамики замкнутых систем "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении на математической модели

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Лекция 3 (2 ч).

Тема 1.3. Автоматическая стабилизация и управление курсом.

Виды курсов. Истинный курс. Магнитный курс и его связь с истинным курсом. Ортодромический курс и его связь с истинным курсом. Локсодромия и ортодромия. Автоматическая стабилизация и управление курсом. Принцип действия автопилотов курса прямой схемы. Автопилот курса прямой схемы. Закон управления автопилота курса прямой схемы. Передаточный коэффициент по курсу. Схема автопилота курса в канале рулей направления. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Принцип действия автопилотов курса перекрестной схемы. Автопилот курса перекрестной схемы. Закон управления автопилота курса перекрестной схемы. Передаточный коэффициент по курсу в контуре угла крена. Схема автопилота курса в канале элеронов. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Самостоятельная работа студента (4ч).

Управление боковым движением самолета с помощью автопилотов курса. Процесс устранения АП курса прямой схемы начального отклонения продольной оси самолета от заданного курса. Процесс устранения начального отклонения вектора скорости. Процесс устранения АП курса перекрестной схемы начального отклонения продольной оси самолета от заданного курса. Процесс устранения АП курса прямой схемы с ЖОС внешнего ступенчатого моментного возмущения. Статическая ошибка. Парирование ступенчатого ветра. Особенности законов управления автопилотов курса. Особенности законов управления в режиме стабилизации локсодромического курса, стабилизации и управления курсом.

Моделирование управления углом тангажа. Передаточные и переходные функции замкнутой системы «самолет- автопилот угла тангажа». Анализ переходных процессов. Моделирование управления углом крена. Передаточные и переходные функции замкнутой системы «самолет-автопилот угла крена». Анализ переходных процессов. Моделирование управления курсом. Передаточные и переходные функции замкнутой системы «самолет-автопилот курса». Анализ переходных процессов.

Литература: [осн. 1].

Раздел 2. Управление траекторным движением на маршруте (38 часов).

Лекция 4 (2 ч).

Тема 2.1. Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением.

Навигационная задача. Понятия RNAV, VNAV, LNAV. Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением на маршруте. Определение САУ высотой. Закон управления САУ высотой. Передаточный коэффициент по высоте в контуре угла тангажа. Схема САУ высотой. Принцип действия систем автоматического управления высотой. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Определение САУ вертикальной скоростью. Закон управления САУ вертикальной скоростью. Передаточный коэффициент по вертикальной скорости в контуре угла тангажа. Схема САУ вертикальной скоростью. Принцип действия систем автоматического управления вертикальной скоростью. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Принцип действия систем автоматического управления высотой в контуре угла тангажа. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Управление продольным траекторным движением с помощью САУ. Процесс устранения начального отклонения высоты. Процесс устранения внешнего ступенчатого моментного возмущения. Статическая ошибка. Процесс устранения постоянного вертикального восходящего потока воздуха. Особенности законов управления САУ продольным траекторным движением. Дополнительное демпфирование. САУ высотой с ИОС. САУ высотой с ПИД-управлением. Особенности законов управления в режиме стабилизации высоты. Эксплуатационные особенности САУ высотой. Пассивные и активные отказы в

контуре сервопривода, угловой скорости тангажа, угла тангажа и отклонения от высоты. Влияние ошибок измерителей угловой скорости тангажа, угла тангажа и отклонения от высоты. Влияние зоны нечувствительности сервопривода. Влияние разрегулировок передаточных коэффициентов.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (8 ч). Проработка теоретического материала лекции, подготовка к лабораторной работе, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Лабораторная работа №3. (4 ч) Исследование автопилота в лабораторных условиях

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Лекция 5 (2 ч).

Тема 2.2. Автоматическая стабилизация и управление боковым траекторным движением.

Автоматическая стабилизация и управление боковым траекторным движением на маршруте. Угол сноса. Определение САУ курсом с учетом угла сноса. Закон управления САУ курсом с учетом угла сноса. Передаточный коэффициент по углу сноса в контуре угла крена. Схема САУ курсом с учетом угла сноса. Принцип действия систем автоматического управления курсом с учётом угла сноса. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Азимут самолета. Определение САУ азимутом. Закон управления САУ азимутом. Передаточный коэффициент по азимуту в контуре угла крена. Схема САУ азимутом. Принцип действия систем автоматического управления азимутом. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Путевой угол. Определение САУ путевым углом. Закон управления САУ путевым углом. Передаточный коэффициент по путевому углу в контуре угла крена. Схема САУ путевым углом. Принцип действия систем автоматического управления путевым углом. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Линейное боковое отклонение от ЛЗП. Определение САУ линейным боковым отклонением от линии заданного пути. Закон управления САУ линейным боковым отклонением от линии заданного пути. Передаточный коэффициент по линейному боковому отклонению в контуре угла крена. Схема САУ линейным боковым отклонением от линии заданного пути. Принцип действия систем автоматического управления линейным боковым отклонением. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Управление боковым траекторным движением с помощью САУ. Процесс устранения воздействия постоянного бокового ветра. Процесс устранения начального линейного отклонения самолета от ЛЗП. Процесс устранения начального линейного отклонения самолета от ЛЗП САУz с ПД-управлением.

Процесс устранения САУz действия постоянного бокового ветра. Устранение больших боковых отклонений. Особенности законов управления САУ боковым траекторным движением при управлении боковым траекторным движением. Эксплуатационные особенности САУz. Пассивные и активные отказы в контуре сервопривода, угловой скорости крена, угла крена и отклонения от ЛЗП. Влияние ошибок измерителей угловой скорости крена, угла крена и отклонения от ЛЗП. Влияние разрегулировок передаточных коэффициентов.

Моделирование управления продольным траекторным движением на маршруте. Передаточные и переходные функции замкнутой системы «самолет-САУ». Анализ переходных процессов. Моделирование управления боковым траекторным движением на маршруте. Передаточные и переходные функции замкнутой системы «самолет- САУ». Анализ переходных процессов. Моделирование управления скоростью полета на маршруте. Передаточные и переходные функции замкнутой системы «самолет- САУ». Анализ переходных процессов.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (8ч). Проработка теоретического материала лекции, подготовка к лабораторной работе, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Лабораторная работа №4. (4 ч) Исследование системы автоматического управления в лабораторных условиях

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Лекция 6 (2 ч).

Тема 2.3. Автоматическая стабилизация и управление скоростью полета и числом М на маршруте.

Автоматическая стабилизация и управление скоростью на маршруте. Истинная воздушная скорость. Индикаторная скорость. Приборная скорость. Определение САУ скоростью. Закон управления САУ скоростью. Передаточный коэффициент по скорости в контуре угла тангажа. Схема САУ скоростью. Принцип действия систем автоматического управления скоростью. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Число М полета. Определение САУ числом М. Закон управления САУ числом М. Передаточный коэффициент по числу М в контуре угла тангажа. Принцип действия систем автоматического управления числом М. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Управление скоростью полета с помощью САУ скоростью. Процесс устранения начального отклонения по скорости. Особенности законов управления САУ скоростью. САУ скоростью с ПИД-управлением.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (8ч). Проработка теоретического материала лекции, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Раздел 3. Управление траекторным движением при заходе на посадку. (34 ч).

Лекция 7 (2 ч).

Тема 3.1. Директорное и автоматическое управление боковым траекторным движением при заходе на посадку.

Директорное и автоматическое управление боковым траекторным движением при заходе на посадку. Метеоминимум посадки. Категории посадочного минимума ИКАО. Угловое отклонение от равносигнальной линии курса. Определение СДУ угловым отклонением от равносигнальной линии курса. Закон управления СДУ угловым отклонением от равносигнальной линии курса. Передаточный коэффициент по отклонению вертикальной командной стрелки. Передаточный коэффициент по угловому отклонению от равносигнальной линии курса в контуре угла крена. Схема СДУ угловым отклонением от равносигнальной линии курса.

Принцип действия систем директорного управления. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Определение САУ угловым отклонением от равносигнальной линии курса. Закон управления САУ угловым отклонением от равносигнальной линии курса. Схема САУ угловым отклонением от равносигнальной линии курса. Принцип действия систем автоматического управления. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Особенности законов управления.

Директорное и автоматическое управление продольным траекторным движением при заходе на посадку. Угловое отклонение от равносигнальной линии глиссады. Определение СДУ угловым отклонением от равносигнальной линии глиссады. Закон управления СДУ угловым отклонением от равносигнальной линии глиссады. Передаточный коэффициент по отклонению горизонтальной командной стрелки. Передаточный коэффициент по угловому отклонению от равносигнальной линии глиссады в контуре угла тангажа. Схема СДУ угловым отклонением от равносигнальной линии глиссады. Принцип действия систем директорного управления. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Определение САУ угловым отклонением от равносигнальной линии глиссады. Закон управления САУ угловым отклонением от равносигнальной линии глиссады. Схема САУ угловым отклонением от равносигнальной линии глиссады. Принцип действия систем автоматического управления. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Особенности законов управления.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (10ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Тема 3.2. Директорное и автоматическое управление продольным траекторным движением при заходе на посадку.

Особенности законов управления СДУ и САУ заходом на посадку в горизонтальной плоскости. ПД-управление. Корректировка передаточных коэффициентов. Влияние крутизны излучения КРМ. Влияние высокочастотных помех. Устранение запаздывания. Обеспечение астатизма. Управление на начальном этапе четвертого разворота. Особенности законов управления СДУ и САУ заходом на посадку в вертикальной плоскости. ПД-управление. Корректировка передаточных коэффициентов. Влияние крутизны излучения ГРМ. Влияние высокочастотных помех. Устранение запаздывания. Обеспечение астатизма.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (10ч). Проработка теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Тема 3.3. Автоматическое управление скоростью при заходе на посадку.

Автоматическая стабилизация скорости и управление скоростью при заходе на посадку. Определение автомата тяги. Закон управления автомата тяги. Передаточный коэффициент по скорости в канале РУД. Передаточный коэффициент по углу тангажа в канале РУД. Принцип действия автоматов тяги. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Управление скоростью при заходе на посадку. Процесс устранения начального отклонения по скорости с помощью АТ. Дополнительное демпфирование. Обеспечение астатизма. Устранение запаздывания. Учет угла наклона траектории. Моделирование управления боковым и продольным траекторным движением при заходе на посадку. Передаточные и переходные функции замкнутой системы «самолет- САУ». Анализ переходных процессов.

Самостоятельная работа студента (10ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Раздел 4. Управление траекторным движением на взлете, при посадке и уходе на второй круг (36 ч).

Тема 4.1. Директорное и автоматическое управление взлетом**.**

Директорное и автоматическое управление взлетом. Общая характеристика взлета. Определение индикатора взлета. Схема индикатора взлета. Логика срабатывания индикатора взлета. Определение СДУ продольным движением при взлете. Закон управления СДУ продольным движением при взлете. Схема СДУ продольным движением при взлете. Определение САУ продольным движением

при взлете. Закон управления САУ продольным движением при взлете. Схема САУ продольным движением при взлете.

Определение СДУ боковым движением при взлете. Закон управления СДУ боковым движением при взлете. Схема СДУ боковым движением при взлете. Определение САУ боковым движением при взлете. Закон управления САУ боковым движением при взлете. Схема САУ боковым движением при взлете. Принцип действия индикаторов взлета, систем директорного и автоматического управления взлетом. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (12ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Тема 4.2. Автоматическое управление посадкой

Автоматическое управление посадкой. Общая характеристика выравнивания. Определение САУ выравниванием. Закон управления САУ выравниванием. Схема САУ выравниванием. Принцип действия систем автоматического управления выравниванием. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (12ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Тема 4.3. Директорное и автоматическое управление уходом на второй круг.

Директорное и автоматическое управление уходом на второй круг. Общая характеристика ухода на второй круг. Определение СДУ уходом на второй круг. Закон управления СДУ уходом на второй круг. Схема СДУ уходом на второй круг. Определение САУ уходом на второй круг. Закон управления САУ уходом на второй круг. Схема САУ уходом на второй круг. Принцип действия систем директорного и автоматического управления уходом на второй круг. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. Особенности законов управления индикаторов взлета, СДУ и САУ взлетом, САУ выравниванием, СДУ и САУ уходом на второй круг.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (12ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Раздел 5. Обеспечение безопасности автоматизированного и автоматического управления (16 ч).

Тема 5.1. Обеспечение отказоустойчивости и отказобезопасности. Встроенный контроль Отказоустойчивость САУ. Отказобезопасность САУ. Минимально-функциональная структура САУ. Резервированная функциональная структура САУ. Контролируемая резервированная структура САУ. Обеспечение безопасности автоматического управления полетом. Средства отключения САУ из процесса управления. Проверка работоспособности.

Обеспечение безопасности автоматического управления полетом. Методы резервирования. Аппаратное резервирование, программное резервирование, функциональное резервирование. Методы встроенного контроля. Мажоритарная логика, сравнение с аналогом, контроль по параметру нормального функционирования, контроль по сигналу ошибки в замкнутом контуре.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (8ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

ТЕМА 5.2. Контролируемые резервированные функциональные структуры.

Схема дублированного демпфера рыскания. Схема дублированного демпфера крена. Схема дублированного демпфера тангажа. Схема троированного демпфера рыскания. Схема троированного демпфера крена. Схема троированного демпфера тангажа. Схема дублированного автомата продольной устойчивости. Схема дублированного автомата боковой устойчивости. Схема троированного автомата продольной устойчивости. Схема троированного автомата боковой устойчивости. Схема дублированного автомата продольного управления. Схема дублированного автомата бокового управления. Схема троированного автомата продольного управления. Схема троированного автомата бокового управления. Проверка работоспособности.

Схема дублированного автопилота. Схема троированного автопилота. Схема дублированной САУ высотой. Схема троированной САУ линейным боковым отклонением. Схема дублированной СДУ заходом на посадку. Схема троированной СДУ заходом на посадку. Схема дублированной САУ заходом на посадку. Схема троированной САУ заходом на посадку. Схема троированной САУ уходом на второй круг. Проверка работоспособности.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Самостоятельная работа студента (8ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Раздел 6. Цифроаналоговые СУУ и САУ (16 ч)

ТЕМА 6.1. Цифроаналоговые СУУ.

Автоматическое улучшение продольной устойчивости и управляемости. Принцип действия цифроаналоговых систем улучшения продольной устойчивости и управляемости. Проверка работоспособности. Автоматическое улучшение боковой устойчивости и управляемости. Принцип действия цифроаналоговых систем улучшения боковой устойчивости и управляемости. Проверка работоспособности. Особенности законов управления цифроаналоговых систем улучшения продольной устойчивости и управляемости. Особенности законов управления цифроаналоговых систем улучшения боковой устойчивости и управляемости.

Автоматическое управление подъемной силой и силой лобового сопротивления. Принцип действия цифроаналоговых автоматов непосредственного управления подъемной силой и силой лобового сопротивления. Проверка работоспособности. Автоматическое управление боковой силой. Принцип действия цифроаналоговых автоматов непосредственного управления боковой силой. Проверка работоспособности. Автоматическое управление маневренной загрузкой крыла и демпфирование аэроупругих колебаний самолета. Принцип действия цифроаналоговых автоматов, решающих эти задачи. Проверка работоспособности.

Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа. Принцип действия цифроаналогового автопилота угла тангажа в контуре нормальной перегрузки. Проверка работоспособности. Автоматическая стабилизация и управление углом крена. Принцип действия цифроаналогового автопилота угла крена. Проверка работоспособности. Особенности законов управления цифроаналогового автопилота угла тангажа в контуре нормальной перегрузки. Особенности законов управления цифроаналогового автопилота угла крена.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (8ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Тема 6.2. Цифроаналоговые САУ.

Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением на маршруте. Принцип действия цифроаналоговых САУ. Проверка работоспособности. Автоматическая стабилизация и управление боковым траекторным движением на маршруте. Принцип действия цифроаналоговых САУ. Проверка работоспособности. Директорное и автоматическое управление боковым траекторным движением при заходе на посадку. Принцип действия цифроаналоговых САУ. Проверка работоспособности. Директорное и автоматическое управление продольным траекторным движением при заходе на посадку. Принцип действия цифроаналоговых САУ. Проверка работоспособности. Особенности законов управления действия цифроаналоговых САУ в продольном канале. Особенности законов управления действия цифроаналоговых САУ в боковом канале.

Литература: [1].

Самостоятельная работа студента (8ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Раздел 7. Комплексы авионики (16 ч).

Тема 7.1. Пилотажно-навигационные комплексы.

Определение пилотажно-навигационного комплекса и авионики.

Общая характеристика комплекса стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КС ЦПНО) самолетов Ил-96-300/400/VIP, Ту-204-100/200/300/СЕ/СМ.

Литература: [доп. 2].

Самостоятельная работа студента (10ч). Проработка теоретического материала, подготовка контрольной и курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Тема 7.2. Комплексы авионики.

Общая характеристика комплексов авионики самолетов В-737, В-747, В-757, В-767, В-777, В-787.

Общая характеристика комплексов авионики самолетов А319/320/321, А330/340, А380.

Общая характеристика комплексов авионики самолетов Ан-148/158/178, SSJ-100/NG, МС-21.

Самостоятельная работа студента (6ч). Проработка теоретического материала лекции, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы.

Литература: [осн.1-2, доп. 1-11].

Самостоятельная работа студента (18 ч).

Контрольная работа (18 ч). Пилотажно-навигационные комплексы.

Подготовка ответов на вопросы КР.

Литература: [осн.1, доп. 1-4, УМЛ 1-7].

Самостоятельная работа студента (18 ч).

Курсовая работа (18 ч). Моделирование замкнутых контуров автоматического управления

Подготовка курсовой работы

Литература: [осн.1, доп. 1-4, УМЛ 1-7].

Примерная тематика курсовой работы

1. Исследование замкнутой системы «самолет-демпфер тангажа» в продольном короткопериодическом движении.

2. Исследование замкнутой системы «самолет-автомат устойчивости» в продольном короткопериодическом движении.
3. Исследование замкнутой системы «самолет-автомат управления» в продольном короткопериодическом движении.
4. Исследование замкнутой системы «самолет-автомат регулирования продольного управления» в продольном короткопериодическом движении.
5. Исследование замкнутой системы «самолет-автопилот угла тангажа с жесткой обратной связью» в продольном короткопериодическом движении.
6. Исследование замкнутой системы «самолет-автопилот угла тангажа со скоростной обратной связью» в продольном короткопериодическом движении.
7. Исследование замкнутой системы «самолет-автопилот угла тангажа с изодромной обратной связью» в продольном короткопериодическом движении.
8. Исследование замкнутой системы «самолет-демпфер крена» в боковом короткопериодическом движении.
9. Исследование замкнутой системы «самолет-демпфер рыскания» в боковом короткопериодическом движении.
10. Исследование замкнутой системы «самолет-автомат боковой устойчивости» в боковом короткопериодическом движении.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине **Пилотажно-навигационные комплексы** представлено учебником, учебно-методическими пособиями: Литература [осн.1-2, доп. 1-11].

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Текущий контроль успеваемости

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования

Форма текущего контроля	**Типовые контрольные задания (вопросы)**	**Критерии оценивания**
Защита лабораторной работы №1. Исследование динамики замкнутых систем "самолет – средства автоматического управления" в продольном движении на математической модели	1. Что из себя представляет математическая модель замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в продольном движении? 2. Как математическая модель замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в продольном движении используется для анализа?	«Защищено» ставится студенту при выполнении ЛР, если он: - владеет теоретическими знаниями по теме лабораторной работы; - в полном объеме выполнил экспериментальную часть работы; - проведена расчетная часть по итогам

	3. Как получить передаточные функции замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в продольном движении? 4. Поясните графики переходных процессов? 5. Каковы результаты анализа математической модели замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в продольном движении используются в процессе ТЭ?	проведения эксперимента; - даны исчерпывающие ответы на вопросы при защите лабораторной работы. Оценка «не защищено» ставится, когда не выполнены условия для защиты.
Защита лабораторной работы №2. Исследование динамики замкнутых систем "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении на математической модели	1. Что из себя представляет математическая модель замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении? 2. Как математическая модель замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении используется для анализа? 3. Как получить передаточные функции замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении? 4. Поясните графики переходных процессов? 5. Каковы результаты анализа математической модели замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении используются в процессе ТЭ?	
Защита лабораторной работы №3. Исследование автопилота в лабораторных условиях	1. Какие задачи решает автопилот? 2. Каков состав автопилота? 3. В каких режимах работает автопилот? 4. Объясните работу автопилота в режиме стабилизации? 5. В чем заключается исследование автопилота в	

	лабораторных условиях? 6. Как исследование автопилота в лабораторных условиях может быть использовано в процессе ТОиР?	
Защита лабораторной работы №4. Исследование системы автоматического управления в лабораторных условиях	1. Какие задачи решает САУ? 2. Каков состав САУ? 3. В каких режимах работает САУ? 4. Объясните работу САУ в режиме стабилизации высоты? 5. В чем заключается исследование САУ в лабораторных условиях? 6. Как исследование САУ в лабораторных условиях может быть использовано в процессе ТОиР?	
Защита контрольной работы	1. Что из себя представляет математическая модель замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении? 2. Как математическая модель замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении используется для анализа? 3. Как получить передаточные функции замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении? 4. Поясните графики переходных процессов? Каковы результаты анализа математической модели замкнутой системы "самолет – средства автоматического управления" в боковом движении используются в процессе ТЭ?	Защищено» ставится студенту при выполнении КР, если он: - владеет теоретическими знаниями по теме теоретического раздела; - даны исчерпывающие ответы на вопросы при защите контрольной работы. Оценка «не защищено» ставится, когда не выполнены условия для защиты.
Защита курсовой работы. Исследование замкнутой системы «самолет-демпфер тангажа» в продольном короткопериодическом	1. Поясните каждое из уравнений модели продольного движения 2. Поясните закон управления демпфера тангажа	*Отлично*: устно отвечает правильно на все дополнительные вопросы; *Хорошо*: устно отвечает в основном

движении.	3. Как получены передаточные функции «самолет-демпфер тангажа»? 4. Как получены переходные процессы «самолет-демпфер тангажа»? 5. Как разрегулировки передаточного коэффициента по угловой скорости тангажа влияют на качество переходных процессов?	правильно на почти на все дополнительные вопросы; *Удовлетворительно*: - отвечает лишь на часть дополнительных вопросов; *Неудовлетворительно*: не отвечает на дополнительные вопросы.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущий контроль осуществляется в форме учета выполненных лабораторных работ, защиты лабораторных работ, защиты контрольной и курсовой работы.

Обучающиеся готовятся к текущей аттестации на базе предварительно выданных им вопросов (заданий) из соответствующего раздела программы, пользуясь методической и учебной литературой.

Учет выполнения и защит лабораторных работ реализуется в ходе лабораторных занятий по расписанию и фиксируется в Журнале лабораторных работ.

Защита курсовой работы проводится во время, выделенное для консультаций. Учет результатов защиты курсовой работы ведется в Журнале преподавателя.

Повторная сдача лабораторных работ, курсовой работы также проводится во время, выделяемое для консультаций.

При отрицательных результатах текущего контроля обучающийся не допускается к промежуточной аттестации.

Оценка социальных характеристик студента рассматривается как неотъемлемый элемент учебно-воспитательного процесса. В число необходимых для включения в оценку параметров входят:

- посещаемость занятий;
- активность на занятиях;
- соблюдение Устава МГТУ ГА;
- уважительное и корректное отношение к преподавателям.

Ответственный текущий контроль проводится при индивидуальном собеседовании со студентами в процессе поэтапной работы над курсовой работой.

Выполнение заданий на лабораторных является необходимым для формирования ряда навыков и умений практически всех компетенций данной дисциплины.

6.2 Промежуточная аттестация

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций по дисциплине

Типовые контрольные задания (вопросы)	Критерии оценивания
ОПК-3: Способен применять теорию технической эксплуатации и основы конструкции и систем воздушных судов; электрических и электронных источников питания; приборного оборудования и систем индикации воздушных судов; систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования. Типовые контрольные вопросы к зачету: 1. Закон управления САУ высотой 2. Передаточный коэффициент по высоте в контуре угла тангажа 3. Схема САУ высотой 4. Определение САУ вертикальной скоростью 5. Закон управления САУ вертикальной скоростью 6. Передаточный коэффициент по вертикальной скорости в контуре угла тангажа 7. Схема САУ вертикальной скоростью 8. Угол сноса 9. Определение САУ курсом с учетом угла сноса 10. Закон управления САУ курсом с учетом угла сноса	*«Зачет»* ставится студенту, если он: устно отвечает правильно не менее чем на один вопрос. *«Не зачет»*: устно отвечает неправильно на оба вопроса.
ОПК-3: Способен применять теорию технической эксплуатации и основы конструкции и систем воздушных судов; электрических и электронных источников питания; приборного оборудования и систем индикации воздушных судов; систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования. Типовые контрольные вопросы к экзамену: 1. Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа. Принцип действия автопилотов угла тангажа. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. 2. Автоматическая стабилизация и управление углом крена. Принцип действия автопилотов угла крена. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. 3. Виды курсов. Автоматическая стабилизация и управление курсом. Принцип действия автопилотов курса прямой схемы. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка.	*Отлично*: устно исчерпывающе правильно отвечает правильно на 2 вопроса билета *Хорошо*: устно отвечает правильно на два вопрос билета, но затрудняется с ответом на дополнительные вопросы. *Удовлетворительно*: - устно отвечает правильно на один из вопросов билета. *Неудовлетворительно*: неправильно отвечает на один из вопросов билета и не отвечает на дополнительные вопросы.

4. Виды курсов. Автоматическая стабилизация и управление курсом. Принцип действия автопилотов курса перекрестной схемы. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. 5. Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением на маршруте. Принцип действия систем автоматического управления высотой. Проверка работоспособности, передаточных коэффициентов, регулировка. 6. Управление продольным короткопериодическим движением самолета с помощью автопилота угла тангажа. Процессы устранения начального отклонения угла тангажа. Качество переходных процессов при ступенчатом управляющем воздействии. Процесс устранения АП тангажа с ЖОС внешнего ступенчатого моментного возмущения. Статическая ошибка. Процесс устранения вертикального ветрового возмущения. 7. Особенности законов управления автопилотов угла тангажа. Способы обеспечения астатизма. АП тангажа с ИОС. Процесс устранения АП тангажа с ИОС внешнего ступенчатого возмущения. АП тангажа с ПИД-управлением. АП тангажа дополнительным интегрирующим сервоприводом. Особенности законов управления в режиме стабилизации и управления углом тангажа. 8. Эксплуатационные особенности АП тангажа. Влияние отказов и характеристик элементов АП тангажа на управление продольным движением. Пассивные и активные отказы в контуре сервопривода. Пассивные и активные отказы в контуре угловой скорости. Отказы в цепи согласования. Обеспечение плавного отключения отказавшего АП. Влияние ошибок измерителей угла тангажа и угловой скорости тангажа. Влияние зоны нечувствительности в сервоприводе. Влияние разрегулировок передаточных коэффициентов. 9. Управление боковым короткопериодическим движением самолета с помощью автопилота угла крена. Процессы устранения начального отклонения угла крена. Качество переходных процессов при ступенчатом управляющем воздействии. Процесс устранения АП крена с ЖОС внешнего ступенчатого моментного возмущения. Статическая ошибка. 10. Особенности законов управления АП крена в режиме управления от рукоятки “Крен”.	

Эксплуатационные особенности АП крена. Влияние отказов и характеристик элементов АП крена на управление боковым движением. Пассивные и активные отказы в контуре сервопривода. Пассивные и активные отказы в контуре угловой скорости. Отказы в цепи согласования. Обеспечение плавного отключения отказавшего АП. Влияние ошибок измерителей угла крена и угловой скорости крена. Влияние зоны нечувствительности в сервоприводе. Влияние разрегулировок передаточных коэффициентов.	

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций

Непосредственная подготовка обучающихся к промежуточной аттестации (зачету и экзамену) происходит в течение выделенных по расписанию дней в период экзаменационной сессии на базе заранее выданных вопросов программы, основной и дополнительной литературы, а также в ходе предэкзаменационной консультации.

Промежуточная аттестации проводится в форме устного **зачета** и устного ***экзамена*** по ***билетам***, состоящим из 2-х вопросов, отражающих все разделы дисциплины в рамках одной компетенции (ОПК-3).

При получении оценки неудовлетворительно по одному из вопросов, итоговая оценка может быть только неудовлетворительно.

Порядок проведения промежуточной аттестации.

Сдача зачета/экзамена происходит в аудитории кафедры. Одновременно в аудитории может находиться 5-6 студентов. После получения билета студент имеет 1-1,5 часа на подготовку к ответу. Пользоваться конспектами, учебной литературой, ноутбуками и гаджетами не разрешается. Для подготовки к ответу можно пользоваться плакатами и наглядными пособиями, размещенными в аудитории.

Студент отвечает на вопросы билета устно. В зависимости от качества ответа на каждый из вопросов, а также после ответов на дополнительные вопросы преподаватель оценивает знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций студента на соответствующую оценку.

Неявка студента приравнивается к академической задолженности.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Воробьев В.Г, Кузнецов С.В. Автоматическое управление полетом самолетов. М.: Транспорт, 1995.

2. Кузнецов С.В. Пилотажно-навигационные комплексы. М.: РИО МГТУ ГА, 2019.

б) дополнительная литература:

1. В.Г.Воробьев, В.П.Зыль, Кузнецов С.В. Комплексы цифрового пилотажно-навигационного оборудования, часть 1, М.: РИО МГТУ ГА, 1998г, 140 с
2. В.Г.Воробьев, В.П.Зыль, Кузнецов С.В. Комплексы цифрового пилотажно-навигационного оборудования, часть 2. М.: РИО МГТУ ГА, 1998г, 116 с
3. С.В.Кузнецов. Обмен информацией двуполярным кодом в оборудовании летательных аппаратов по РТМ 1495-75. Пособие по изучению систем и комплексов авионики. М.: РИО МГТУ ГА, 2001г, 24с.
4. Кузнецов С.В. Системы автоматического управления полетом. М.: РИО МГТУ ГА, 2018.

5	Кузнецов С.В.	Пилотажно-навигационные комплексы. Изучение и исследование автопилота в условиях лаборатории. Пособие по выполнению лабораторных работ. М.: РИО МГТУ ГА. 2010.
6	Кузнецов С.В.	Пилотажно-навигационные комплексы. Изучение и исследование системы траекторного управления в условиях лаборатории. Пособие по выполнению лабораторных работ. М.: РИО МГТУ ГА. 2010.
7	Кузнецов С.В. , Демченко А.Г.	Пилотажно-навигационные комплексы. Пособие по выполнению лабораторных работ. М.: РИО МГТУ ГА. 2017.
8	Кузнецов С.В. Демченко А.Г.	Пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «ПНК». М.: РИО МГТУ ГА. 2014.
9	Кузнецов С.В.	Пилотажно-навигационные комплексы. Изучение и исследование автомата тяги в условиях лаборатории. Пособие по выполнению лабораторных работ. М.: РИО МГТУ ГА. 2010.
10	Кузнецов С.В.	Пилотажно-навигационные комплексы. Изучение и исследование автопилотов на самолетах. Пособие по выполнению лабораторных работ. М.: РИО МГТУ ГА. 2010.
11	Гусев А.А., Демченко А.Г.	Системы автоматического управления полетом. Пособие по выполнению лабораторных работ «Автопилоты». М.: РИО МГТУ ГА, 2010

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

http://www.favt.ru/ - официальный сайт ФС ВТ
http://www.mstuca.ru/ - официальный сайт МГТУ ГА;
http://www.mstuca.ru/about/structure/kafedral/department.php?IBLOCK_ID=75 - официальный сайт кафедры ТЭ АЭС и ПНК;
http://fcan.ru/ - неофициальный сайт кафедры;
http://ru.wikipedia.org/wiki/ - википедия
http://www.aviapages.ru/aircrafts/ - авиационный справочник;
http://www.aviaport.ru/directory/aviation/ - авиационный справочник;
http://www.lingvoda.ru/forum/actualthread.aspx?tid=5337 – авиационные словари;
http://www.aviaizdat.ru/ - авиационная документация;
http://aviadoc.narod.ru/ - авиационная документация;
http://www.aviadocs.net/ - авиационная документация.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине Пилотажно-навигационные комплексы проводится в соответствии с учебной программой и учебным планом и состоит из:

– лекций;
– лабораторных занятий;
- курсовая работа;
- контрольная работа;
– зачета;
– экзамена.

Преподаватель на лекции старается подать такой материал, который вряд ли можно будет найти в сети. Обычно рассматриваются наиболее сложные или спорные моменты. Но иногда происходит и просто подача информации, которую можно и без проблем почитать самостоятельно. Однако даже в этом случае лекции пропускать не стоит. Уже хотя бы потому, что на них часто происходит контроль посещаемости. И, если все лекции студент пропустил, могут возникнуть проблемы со сдачей экзамена. Находясь на лекции, учащийся сам решает, какой материал можно просто послушать, а какой не мешало бы и законспектировать. Со временем некоторые моменты могут просто забыться, а конспект поможет их вспомнить. Поэтому на лекции нужно стараться сделать хотя бы ключевые заметки, которые впоследствии могут пригодиться при подготовке к зачету или экзамену. Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Лекция в высшей школе - это не простой пересказ учебника или других литературных источников, это личное научно-педагогическое творчество преподавателя в определенной области знания.

Подготовка к лабораторным работам.

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом, который отражает содержание предложенной темы. Подготовка осуществляется в соответствии с планом СРС. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

В процессе подготовки студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

При изучении раздела 1 следует особое внимание уделить таким понятиям как:

Стабилизация и управление угловым положением самолета. Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа. Пилотажная задача. Автопилот угла тангажа. Особенности законов управления автопилотов угла тангажа. Автоматическая стабилизация и управление углом крена. Принцип действия автопилотов угла крена. Виды курсов. Истинный курс. Магнитный курс и его связь с истинным курсом. Ортодромический курс и его связь с истинным курсом. Локсодромия и ортодромия. Автоматическая стабилизация и управление курсом. Принцип действия автопилотов курса прямой схемы. Автопилот курса прямой схемы. Закон управления автопилота курса прямой схемы. Управление боковым движением самолета с помощью автопилотов курса. Моделирование управления углом тангажа.

При изучении раздела 2 следует особое внимание уделить:

Управление траекторным движением на маршруте. Навигационная задача. Понятия RNAV, VNAV, LNAV. Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением на маршруте. Определение САУ высотой. Управление продольным траекторным движением с помощью САУ. Процесс устранения начального отклонения высоты. Автоматическая стабилизация и управление боковым траекторным движением на маршруте. Угол сноса. Определение САУ курсом с учетом угла сноса. Путевой угол. Определение САУ путевым углом. Закон управления САУ путевым углом. Передаточный коэффициент по путевому углу в контуре угла крена. Схема САУ путевым углом. Принцип действия систем автоматического управления путевым углом. Управление боковым траекторным движением с помощью САУ. Моделирование управления продольным траекторным движением на маршруте. Автоматическая

стабилизация и управление скоростью на маршруте. Истинная воздушная скорость. Индикаторная скорость. Приборная скорость. Определение САУ скоростью. Число М полета. Определение САУ числом М. Закон управления САУ числом М.

При изучении раздела 3 следует особое внимание уделить:

Управление траекторным движением при заходе на посадку. Директорное и автоматическое управление боковым траекторным движением при заходе на посадку. Метеоминимум посадки. Категории посадочного минимума ИКАО. Схема СДУ угловым отклонением от равносигнальной линии курса. Принцип действия систем директорного управления. Директорное и автоматическое управление продольным траекторным движением при заходе на посадку. Угловое отклонение от равносигнальной линии глиссады. Принцип действия систем директорного управления. Автоматическая стабилизация скорости и управление скоростью при заходе на посадку. Принцип действия автоматов тяги. Особенности законов управления СДУ и САУ заходом на посадку в горизонтальной плоскости. Управление скоростью при заходе на посадку. Процесс устранения начального отклонения по скорости с помощью АТ.

При изучении раздела 4 следует особое внимание уделить:

Управление траекторным движением на взлете, при посадке и уходе на второй круг. Директорное и автоматическое управление взлетом. Общая характеристика взлета. Определение индикатора взлета. Схема индикатора взлета. Определение СДУ боковым движением при взлете. Закон управления СДУ боковым движением при взлете. Схема СДУ боковым движением при взлете. Автоматическое управление посадкой. Общая характеристика выравнивания. Определение САУ выравниванием. Закон управления САУ выравниванием. Схема САУ выравниванием. Директорное и автоматическое управление уходом на второй круг. Общая характеристика ухода на второй круг. Определение СДУ уходом на второй круг. Закон управления СДУ уходом на второй круг.

При изучении раздела 5 следует особое внимание уделить:

Обеспечение безопасности автоматизированного и автоматического управления. Отказоустойчивость САУ. Отказобезопасность САУ. Минимально-функциональная структура САУ. Резервированная функциональная структура САУ. Контролируемая резервированная структура САУ. Обеспечение безопасности автоматического управления полетом. Средства отключения САУ из процесса управления. Обеспечение безопасности автоматического управления полетом. Методы резервирования. Аппаратное резервирование, программное резервирование, функциональное резервирование. Методы встроенного контроля. Мажоритарная логика, сравнение с аналогом, контроль по параметру нормального функционирования, контроль по сигналу ошибки в замкнутом контуре. Схема дублированного демпфера рыскания. Схема троированного демпфера крена. Схема дублированного автопилота. Схема троированного автопилота.

При изучении раздела 6 следует особое внимание уделить:

Цифроаналоговые СУУ и САУ. Автоматическое улучшение продольной устойчивости и управляемости. Принцип действия цифроаналоговых систем

улучшения продольной устойчивости и управляемости. Принцип действия цифроаналоговых систем улучшения боковой устойчивости и управляемости. Особенности законов управления цифроаналоговых систем улучшения боковой устойчивости и управляемости. Автоматическое управление подъемной силой и силой лобового сопротивления. Принцип действия цифроаналоговых автоматов непосредственного управления подъемной силой и силой лобового сопротивления. Автоматическое управление боковой силой. Принцип действия цифроаналоговых автоматов непосредственного управления боковой силой. Автоматическая стабилизация и управление углом тангажа. Принцип действия цифроаналогового автопилота угла тангажа в контуре нормальной перегрузки. Автоматическая стабилизация и управление продольным траекторным движением на маршруте. Принцип действия цифроаналоговых САУ.

При изучении раздела 7 следует особое внимание уделить:

Комплексы авионики. Определение пилотажно-навигационного комплекса и авионики. Общая характеристика комплекса стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (КС ЦПНО) самолетов Ил-96-300/400/VIP, Ту-204-100/200/300/СЕ/СМ. Общая характеристика комплексов авионики самолетов В-737, В-747, В-757, В-767, В-777, В-787. Общая характеристика комплексов авионики самолетов А319/320/321, А330/340, А380. Общая характеристика комплексов авионики самолетов Ан-148/158/178, SSJ-100/NG, МС-21.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Электронные ресурсы библиотеки Университета -электронные версии пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы.

Мультимедийное сопровождение лекций с использованием программ PowerPoint и Office Professional Plus 2007 Russian

Лабораторные работы по курсу **Пилотажно-навигационные комплексы** с элементами компьютерного моделирования в программе MS Excel.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

комплект специализированной мебели,

мультимедийный проектор – 1 шт.;

персональный компьютер – 1 шт.;

экран; наборы демонстрационного оборудование, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей учебной программе; учебно-наглядное пособие, соответствующее рабочей учебной программе.

Рекомендуемые программные средства, а также имеются установки для лабораторных работ и компьютерный класс *(10 шт. ЭВМ)* с возможностью демонстрации аудио- и видеоматериалов.