



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ  
ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А. НОВИКОВА»**



**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор

/ Ю.Ю. Михальчевский

« 30 » 05 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Автоматика управления авиационными двигателями**

Специальность

**25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация  
воздушного движения**

Специализация

**«Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов»**

Квалификация выпускника  
**инженер**

Форма обучения  
**заочная**

Санкт-Петербург  
2023

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Автоматика управления авиационными двигателями» являются:

формирование знаний, умений, навыков для успешной профессиональной деятельности в области организации технического обслуживания и ремонта ВС, в части поддержания определенных законов изменения физических величин, характеризующих процессы, протекающие в авиационных газотурбинных двигателях, а также приобретение практических навыков эксплуатации систем автоматического управления двигателем и подачей топлива конкретных газотурбинных двигателей, в объеме, необходимом для подготовки специалистов, осуществляющих техническую эксплуатацию отечественной и зарубежной техники в гражданской авиации.

Задачами освоения дисциплины является формирование у обучающихся знаний, умений и навыков анализа конструкции агрегатов, входящих в состав систем автоматического управления (САУ) двигателем и подачей топлива на примере их функциональных и принципиальных схем и соответствующих программ управления; определения особенностей работы САУ двигателем и подачей топлива во всем диапазоне эксплуатационных режимов, высот и скоростей полета; привитие навыков контроля работоспособности с помощью систем индикации и мониторинга; отработка навыков эксплуатации САУ двигателем и подачей топлива.

Дисциплина обеспечивает подготовку обучающегося к решению задач профессиональной деятельности эксплуатационно-технологического типа.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Автоматика управления авиационными двигателями» представляет собой дисциплину, относящуюся к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 Дисциплины (модули).

Дисциплина «Авиационное материаловедение», «Конструкция и прочность воздушных судов», «Конструкция и прочность авиационных двигателей», «Горюче-смазочные материалы и специальные жидкости», «Средства контроля технического состояния авиационной техники».

Дисциплина «Автоматика управления авиационными двигателями» является обеспечивающей для дисциплины «Конструкция и техническое обслуживание самолета (типа)», «Конструкция и техническое обслуживание вертолёта (типа)».

Дисциплина изучается в 9 семестре.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Процесс освоения дисциплины «Автоматика управления авиационными двигателями» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
ПК- 6	Способен понимать сущность процессов, протекающих в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах воздушных судов для осуществления контроля и анализа их состояния, прогнозировать и организовывать выполнение комплекса работ по их восстановлению.
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК6</sub>	Знает современные тенденции развития материалов, технологии их производства с учетом уровня развития авиационной техники.
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК6</sub>	Анализирует процессы, протекающие в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах воздушных судов и авиационных двигателей, систем и конструктивных элементов воздушных судов и авиационных двигателей.

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- современные тенденции развития систем автоматического управления (САУ) авиационными двигателями;
- принцип действия, особенности конструктивного выполнения, условия работы и характеристики устройств, входящих в автоматические системы силовых установок.

Уметь:

- классифицировать САУ по назначению, принципу построения, виду используемой вспомогательной энергии, типу программ или характеру изменения задаваемой величины, продолжительности управляющего воздействия, количеству контуров управления;
- анализировать динамические свойства газотурбинного двигателя, как объекта управления, сущность процессов, протекающих в авиадвигателе, как объекте управления, законы управления авиадвигателями различных типов воздушных судов гражданской авиации.

Владеть:

- методами оценки перспективных САУ авиационными двигателями, определять особенности работы САУ двигателем и подачей топлива во всем диапазоне эксплуатационных режимов, высот и скоростей полета;
- навыками проведения анализа эксплуатационных отказов устройств, входящих в САУ и контроля работоспособности с помощью систем индикации и мониторинга.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Наименование	Всего часов	Семестр
		9
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа:	8,5	8,5
лекции	2	2
практические занятия	4	4
семинары	-	-
лабораторные работы	-	-
курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студента	129	129
Промежуточная аттестация	9	9
контактная работа	2,5	2,5
самостоятельная работа по подготовке к экзамену	6,5	6,5

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы дисциплины	КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ	КОМПЕТЕНЦИИ	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-6		
Тема 1. Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ).	18,7	+	ВК, Л, ПЗ, СРС	УО, Д, КР
Тема 2. Управление авиационными ГТД. Упрощенная схема системы управления двигателем и подачей топливом.	18,7	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, КР, ЛЗ, СЗ
Тема 3. Эволюция развития и основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива	18,7	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, КР, ЛЗ, СЗ
Тема 4. Программы управления (регулирования) САУ (САР) двигателем и подачей топлива	18,7	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, КР, ЛЗ, СЗ
Тема 5. Гидромеханические САУ (САР)	18,7	+	Л, ПЗ, СРС,	УО, Д,

Темы дисциплины	КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ	КОМПЕТЕНЦИИ	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-6		
двигателем и подачей топлива			РКС	КР, ЛЗ, СЗ
Тема 6. Полуэлектронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива	18,7	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, КР, ЛЗ, СЗ
Тема 7. Электронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива типа «FADEC»	22,8	+	Л, ПЗ, СРС, РКС	УО, Д, КР, ЛЗ, СЗ
Итого по дисциплине	135			
Промежуточная аттестация	9			
Всего по дисциплине	144			

Сокращения: Л– лекция, ПЗ – практическое занятие, ВК – входной контроль, СРС – самостоятельная работа студента, РКС – разбор конкретной ситуации, УО – устный опрос, ЛЗ, – логическая задача, СЗ – ситуационная задача, Д - доклад, КР– контрольная работа.

## 5.2. Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КУР	Всего часов
Тема 1. Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ).	0,2	0,5	-	18	-	18,7
Тема 2. Управление авиационными ГТД. Упрощенная схема системы управления двигателем и подачей топливом.	0,2	0,5	-	18	-	18,7
Тема 3. Эволюция развития и основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива	0,2	0,5	-	18	-	18,7
Тема 4. Программы управления (регулирования) САУ (САР) двигателем и подачей топлива	0,2	0,5	-	18	-	18,7
Тема 5. Гидромеханические САУ (САР) двигателем и подачей топлива	0,2	0,5	-	18	-	18,7
Тема 6. Полуэлектронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива	0,2	0,5	-	18	-	18,7
Тема 7. Электронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива типа «FADEC»	0,8	1	-	21	-	22,8
Итого по дисциплине	2	4		129		135

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КУР	Всего часов
Промежуточная аттестация						9
Всего по дисциплине						144

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ЛР – лабораторная работа, СРС – самостоятельная работа студента, КУР – курсовая работа.

### 5.3 Содержание разделов дисциплины

#### **Тема 1. Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ)**

Обоснование необходимости применения САУ (САР) для обеспечения надежного и эффективного управления АГТСУ. Краткие сведения об истории развития САУ. Определение САУ (САР) АГТСУ, состав, назначение, основные требования. Классификация основных типов АС управления современных АГТСУ. Свойства САУ (САР). Влияние условий эксплуатации авиатехники на надежность и безопасность полетов.

#### **Тема 2. Управление авиационными ГТД. Упрощенная схема системы управления двигателем и подачей топливом**

Основные эксплуатационные режимы работы авиационных ГТД. Регулируемые параметры (РП) и регулирующие факторы (РФ) авиационных ГТД. Требования к регулируемым параметрам (РП). Программы регулирования ТРД, ТРДД, ТВД, ТВад. Основные свойства ГТД, как объекта регулирования.

Вычислительная и измерительная части гидромеханического устройства (регулятора). Работа регулятора при изменении режима работы двигателя и изменении внешних условий ( $p_n^*$  и  $T_n^*$ ).

#### **Тема 3. Эволюция развития и основные задачи системы автоматического управления (САУ) системы автоматического регулирования (САР) двигателем и подачей топлива**

Эволюция развития САУ (САР) двигателем и подачей топлива. Основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива. Режимы работы ТРДД, сертифицированных в соответствии с EASACS-E и FAR33. Особенности режима МГ. Двигатели со слабой зависимостью тяги от внешних условий ( $p_n^*$  и  $T_n^*$ ).

#### **Тема 4. Программы управления (регулирования) САУ (САР) двигателем и подачей топлива**

Программы управления (регулирования) САУ (САР) двигателем и подачей топлива. Регулирование частоты вращения ротора высокого давления (N2). Регулирование частоты вращения ротора низкого давления (N1) и степени повышения давления в двигателе.

#### **Тема 5. Гидромеханические САУ (САР) двигателем и подачей топлива**

Гидромеханические САУ (САР) двигателем и подачей топлива.

САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателя АИ-25; САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателя CFM56-2; САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателя ТВ3-117.

#### **Тема 6. Полуэлектронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива**

Полуэлектронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива. САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей ТРДД; САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей CFM56-3; САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей версии с РМС; САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей ТВД.

#### **Тема 7. Электронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива типа «FADEC»**

Основные задачи САУ (САР) типа «FADEC». Устройство САУ (САР) типа «FADEC». Интерфейс «Самолет/Двигатель». САУ (САР) двигателем и подачей топлива конкретных двигателей. Направления развития в разработке систем «FADEC».

### **5.4 Практические занятия**

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
1	Практическое занятие №1-2. Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ).	0,5
2	Практическое занятие № 3-4. Управление авиационными ГТД. Упрощенная схема системы управления двигателем и подачей топливом.	0,5
3	Практическое занятие № 5-6. Эволюция развития и основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива.	0,5
4	Практическое занятие № 7-8. Программы управления (регулирования) САУ (САР) двигателем и подачей топлива.	0,5
5	Практическое занятие № 9-10. Гидромеханические САУ (САР) двигателем и подачей топлива.	0,5
6	Практическое занятие № 11-12. Полуэлектронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива.	0,5
7	Практическое занятие № 13-14. Электронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива типа «FADEC».	1
Итого по дисциплине		4

### **5.5 Лабораторный практикум**

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### **5.6 Самостоятельная работа**

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
1	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям). Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе</p> <p>Изучение тем дисциплины, составление конспектов: Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ)[1-23].</p> <p>Подготовка к устному опросу и докладу; подготовка к контрольной работе.</p>	18
2	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям). Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе</p> <p>Изучение тем дисциплины, составление конспектов: Управление авиационными ГТД, Упрощенная схема системы управления двигателем и подачей топливом [1-23].</p> <p>Подготовка к устному опросу; подготовка к докладу, подготовка к контрольной работе. Подготовка к решению логических и ситуационных задач.</p>	18
3	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям).Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе</p> <p>Изучение тем дисциплины, составление конспектов: Эволюция развития и основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива. [1-23].</p> <p>Подготовка к устному опросу; подготовка к докладу, подготовка к контрольной работе. Подготовка к решению логических и ситуационных задач.</p>	18
4	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям). Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе.</p> <p>Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: Программы управления (регулирования) САУ (САР) двигателем и подачей топлива. [1-23].</p> <p>Подготовка к устному опросу; подготовка к докладу, подготовка к контрольной работе.</p> <p>Подготовка к решению логических и ситуационных задач.</p>	18
5	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям). Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе.</p> <p>Изучение тем дисциплины, составление конспектов: Гидромеханические САУ (САР) двигателем и подачей топлива. [1-23].</p> <p>Подготовка к устному опросу; подготовка к докладу, подготовка к контрольной работе.</p> <p>Подготовка к решению логических и ситуационных задач.</p>	18
6	<p>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям). Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе.</p> <p>Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: Полуэлектронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива</p>	18



Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
	[1-23]. Подготовка к устному опросу; подготовка к докладу, подготовка к контрольной работе. Подготовка к решению логических и ситуационных задач..	
7	Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям и практическим занятиям). Проработка учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе. Изучение тем (вопросов) дисциплины, составление конспектов: Электронные САУ (САР) двигателем и подачей топлива типа «FADEC». Возможные неисправности, способы предупреждения, обнаружения и устранения.[1-23]. Подготовка к устному опросу; подготовка к докладу, подготовка к контрольной работе. Подготовка к решению логических и ситуационных задач.	21
Итого по дисциплине		129

## 5.7 Курсовая работа

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1 Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок [Электронный ресурс]: электрон. конспект лекций / [Г. М. Макарьянц, А. Н. Крючков, В. П. Шорин, А. Г. Гимадиев] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) (СГАУ). - Самара, 2011. Режим доступа: <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Avtomatika-i-regulirovanie-aviacionnyh-dvigateli-i-energeticheskikh-ustanovok-Elektronnyi-resurs-elektron-konspekt-lekcii-54690>, свободный (дата обращения 21.01.2021).

2 Житомирский, Г.И. **Конструкция самолетов. Учебник для вузов по специальности "Самолето- и вертолетостроение" направления подготовки "Авиастроение"** / Г.И.Житомирский. - М., 2005. – 404с.ISBN 5-217-03299-5. Количество экземпляров 35.

3 Санчугов, В. И. Автоматика и управление энергетическими установками с газотурбинным приводом [Электронный ресурс]: [учебник] / В. И. Санчугов, Е. В. Шахматов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). - Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. - on-line. - ISBN = 978-5-7883-1163-0. Режим доступа: <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-izdaniya/Avtomatika-i-upravlenie-energeticheskimi-ustanovkami-s-gazoturbinnym-privodom-Elektronnyi-resurs-uchebnik-70983> , свободный (дата обращения 21.01.2021).

4 Кузнецов, А. В. Технология идентификации ГТД как объекта регулирования (ОР) в диапазоне изменения возмущающих воздействий [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / А. В. Кузнецов, Г. М. Макарьянц ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева. - Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. Режим доступа:<http://repo.ssau.ru/handle/Methodicheskie-materialy/Tehnologiya-identifikacii-GTD-kak-obekta-regulirovaniya-OR-v-diapazone-izmeneniya-vozmushaushih-vozdeistvii-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-71518>свободный (дата обращения 21.01.2021).

б) дополнительная литература:

5 Воскобойник, М.С. **Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации. Учебник для вузов гражданской авиации/** М.С.Воскобойник, П.Ф.Максютинский, К.Д.Миртов и др.; под общей редакцией: К.Д.Миртова, Ж.С. Черненко. - Москва: Машиностроение, 1991. - 448 с., ISBN 5-217-00314-6.Количество экземпляров 44.

6 Смирнов, Н. Н. **Техническая эксплуатация летательных аппаратов: Учеб.для вузов /** Н. Н. Смирнов, Н. И. Владимиров, Ж. С. Черненко и др., под ред. Н. Н. Смирнова. – М.: Транспорт, 1990. – 423 с., ISBN: 5-277-00990-6.Количество экземпляров 39.

7Мрыкин, С.В. **Последствия отказов самолетных систем [Текст] учеб.пособие.** - Самарский государственный аэрокосмический университет, 2010. - 40с. ISBNнет, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Posledstviya-funkcionalnyh-otkazov-samoletnyh-sistem-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-54638>, свободный (дата обращения 21.01.2021).

8**Системы топливопитания и регулирования авиационных ГТД на криогенном топливе [Электронный ресурс]:** электрон.учеб. пособие / В.Н. Орлов, Е.В. Шахматов, А.И. Иванов, И.П. Косицын, В.А. Букин, А.Г. Гимадиев. Электрон.учеб. пособие: под общей редакцией д.т.н., профессора Шахматова Е.В; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон.и граф. дан. - Самара, 2013. Режим доступа: <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Sistemy-toplivopitaniya-i-regulirovaniya-aviacionnyh-GTD-na-kriogennom-toplive-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-55055>, (дата обращения 21.01.2021).

9 **Автоматика управления авиационными двигателями:** Метод. указ. по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы. Для студентов ФАИТОП очной и заочной формы обучения Специальности 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализации «Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов» / Петрова Т.В., ред. - СПб. : ГУГА, 2021. - 32с. ISBN – отсутствует. Количество экземпляров 50.

10 **Авиатранспортное обозрение** [Текст] : Air transport observer : журнал / учредитель и издатель: А.Б.Е. Медиа. - Москва : А.Б.Е. Медиа, 1996-. - 27 см.; ISSN 1991-6574 (подписка с 2008).

11 **Крылья Родины** : ежемесячный национальный авиационный журнал. - Москва: ООО "Редакция журнала "Крылья Родины", 1950-.; ISSN 0130-2701 (подписка с 2008).

12 **Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра** [Текст] : научно-популярный журнал / учредитель: Бакурский Виктор Александрович, Военно-Воздушные Силы России, Лепилкин Андрей Викторович. - Москва : Техинформ, 1997-. - 29 см.; ISSN 1682-7759 (подписка с 2008).

13 **Транспорт: наука, техника, управление**: научный информационный сборник / учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН). - Москва : ВИНТИ, 1990-. - 28 см.; ISSN 0236-1914 (2022).

14 **Проблемы безопасности полетов** : научно-технический журнал / учредители: Российская академия наук, Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ). - Москва : ВИНТИ, 1989-. - 21 см.; ISSN 0235-5000 (2022).

15 **Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6. Тэхніка**: журнал / учредитель и издатель: Гродненский государственный университет имени Янки Купалы. -Гродно : Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, 2009- ISSN 2223-5396 (2022). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/3350?category=931> , свободный (дата обращения 09.03.2023).

16 **Вестник Таджикского национального университета. Серия Естественных Наук / Паёми Донишгоњи миллии тољикистон. Бахши Илмъои Табиӣ** : журнал / учредитель и издатель: Таджикский национальный университет. -Душанбе: Таджикский национальный университет, 1990-. ISSN 2413-452X (2015-2020). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2429?category=917> , свободный (дата обращения 09.03.2023).

17 **Наука и техника**: международный научно-технический журнал / учредитель и издатель: Белорусский национальный технический университет. - Минск: Белорусский национальный технический университет, 2002-. ISSN 2227-1031 (2018-2022). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2418?category=917> , свободный (дата обращения 09.03.2023).

18 **ҚазҰТУ Хабаршысы / Вестник Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева**: журнал / учредитель и издатель: Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева. - Алматы : Казахский национальный технический университет, 1994-. ISSN 1680-9211 (2015). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2565?category=917> , свободный (дата обращения 09.03.2023).

19 **Vojnotehnicki glasnik / Military Technical Courier / Военно-технический вестник**: мультидисциплинарный научный журнал / учредитель и издатель :

Университет обороны в г. Белград. - Белград : Университет обороны в г. Белград, 1953-. ISSN 0042-8469 (2013-2022). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2490?category=931>, свободный (дата обращения 09.03.2023).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

20 **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/> свободный.

21 **Библиотека СПбГУ ГА** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spbguga.ru/objects/e-library/> , свободный (дата обращения 21.01.2021).

г) программное обеспечение (лицензионное и свободно распространяемое), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

22 **КонсультантПлюс**. Официальный сайт компании [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>свободный (дата обращения 21.01.2021).

23 **Гарант** [Электронный ресурс] официальный сайт компании Гарант. - Режим доступа: <http://www.aero.garant.ru> ,свободный (дата обращения 21.01.2021)

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Автоматика управления авиационными двигателями	Аудитория 360	Комплект учебной мебели - 30 шт. Экран ProjectaProStar 183*240см MatteWhiteS на штативе Доска двойная Проектор AcerX1261 P (1024x768, 3700:1,+/-40 28DbLamp:4000HRS Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) Виртуальный учебный комплекс «Техническая эксплуатация самолета Sukhoi Superjet 100» Виртуальный учебный комплекс «тренажер	Adobe Acrobat Reader DC (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия № 0AFE-180731-132011-783-1390) MicrosoftOffice Профессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) Opera (freeware) Google Chrome (freeware) DAEMON Tools Lite (freeware) WinRAR 3.9 (лицензия на Spb State University of Civil Aviation) Windows 7 (лицензия №

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
		проведения оперативных форм ТО с вертолетом Ми-8МТВ»	46231032 от 4 декабря 2009 года) Драйвера их компоненты.
	Аудитория 364	Комплект учебной мебели – 20 шт. Доска двойная Макет авиадвигателя НК 82У Нервюры крыла Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) Виртуальный учебный комплекс «Техническая эксплуатация самолета Sukhoi Superjet 100» Виртуальный учебный комплекс «тренажер проведения оперативных форм ТО с вертолетом Ми-8МТВ»	Adobe Acrobat Reader DC (freeware) Adobe Flash Player (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия № 0AFE-180731-132011-783-1390) K-Lite Mega Codec Pack (freeware) Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) Mozilla Firefox (MPL/GPL/LGPL) Ultra-Defrag 7.0.2 (GNU GPL 2)
МИС (Моторно-испытательная станция) Учебно-производственные мастерские		Авиадвигатель АИ-25 Вертолетный двигатель ТВ2-117 Редуктор для стенда 2 штуки; блок преобразователя; Металлоконструкция для стендов турбовального двигателя Выпрямитель электрического тока с параметрами 28 в, 600 а; или аэродромный выпрямитель АВ-2МБ Монитор 17" Acer AL 1716 As - 2 шт. Дрель ударная MAKITA 650вт Машина отрезная угловая MAKITA 2000вт Сварочный аппарат TELVIN-NORDICA 230В Станок сверлильный STERN 350 Вт Точило STERN 350 Вт Верстак столярный - 9 шт.	Unchecky (freeware) DAEMON Tools Lite (freeware) Opera (freeware) WinRAR 3.9 (лицензия на Spb State University of Civil Aviation) Windows 7 (лицензия № 46231032 от 4 декабря 2009 года) Adobe Acrobat Reader XI (freeware) Adobe Flash Player (freeware) Kaspersky Endpoint Security 10 (лицензия № 0AFE-180731-132011-783-1390) K-Lite Mega Codec Pack (freeware) Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 (лицензия №

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
		<p>Вибростенд ВЭДС-100  Вольтметр универсальный В-7-35  Изделие АИ-9  Измеритель вибрации ИВ-300  Комбинированный прибор ГЦ 4311  Макет учебный ТВ-2-117 (в разрезе)  Многофункциональная информ управ система  Модуль С 5-125  Преобразователь сварочный (2шт.)  Преобразователь Ф 723/1  Преобразователь ЦАНТ 5-3/10  Преобразователь ЦАНТ-5-14/2  Преобразователь ЦВ-2-1  Сдвоенная измерительная аппаратура 2ИА-1А  Станок токарный  Стартер генератора СТУ-12Т  установка д \ лабораторных работ № 1  установка для лабораторных работ № 2  Установка дозвуковое сопло  Установка на базе двигателя АИ - 25  Установка на базе двигателя ТА-6  Тиски - 10 шт.  Тиски слесарные - 10 шт.  Штанген циркуль - 5 шт.  Вертикальные жалюзи Л персик, к №367 кронштейн 7,5 размер 2,700*2,200 - 5 шт.  Монитор LG ЛК-10055 - 2 шт.  Монитор СТХ №02780  Системный компьютерный блок LG - 2 шт.  Системный компьютерный</p>	<p>43471843 от 07 февраля 2008 года)  ABBY FineReader 10 Corporate Editional (лицензия № AF10 3S1V00 102 от 23 декабря 2010 года)  WinRAR 3.9 (лицензия на Spb State University of Civil Aviation)  WindowsXP (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года)</p>

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
		блок 10476 Проектор BENQ - 2 шт. Принтер HPHEWLETTPACKARD 11311 Сканер Epson Доска - 3 шт. Экран Dinon - 2 шт. Стол для преподавателя - 2 шт. Парты со скамьей - 47 шт. Стулья - 4 шт. Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) Ноутбук HP 15-rb070ru 15.6 AMD (черный) Виртуальный учебный комплекс «Техническая эксплуатация самолета Sukhoi Superjet 100» Виртуальный учебный комплекс «тренажер проведения оперативных форм ТО с вертолетом Ми-8МТВ»	

## 8 Образовательные и информационные технологии

В рамках изучения дисциплины «Автоматика управления авиационными двигателями» используются следующие образовательные технологии: входной контроль, лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Входной контроль предназначен для выявления уровня усвоения компетенций обучающимся, необходимых перед изучением дисциплины. Входной контроль осуществляется по вопросам, на которых базируется читаемая дисциплина.

Лекция составляет основу теоретического обучения в рамках дисциплины и направлена на систематизированное изложение накопленных и актуальных научных знаний. Лекция направлена на формирование ассоциативных взаимосвязей, необходимых для лучшего понимания конструкции агрегатов, входящих в состав систем автоматического управления (САУ) двигателем и подачей топлива на примере их функциональных и принципиальных схем и соответствующих программ управления; определения особенности работы САУ

двигателем и подачей топлива во всем диапазоне эксплуатационных режимов, высот и скоростей полета; для систематизации знаний систем индикации и мониторинга, перспектив развития САУ. На лекции концентрируется внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируется их активная познавательная деятельность.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, который сопровождается одновременной демонстрацией слайдов, при необходимости привлекаются открытые Интернет-ресурсы, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные материалы и практические примеры.

Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих тем, а также приобрести практические навыки. Проводимые в рамках практического занятия устные опросы, решение логических и ситуационных задач, контрольные работы, обсуждение докладов имеют профессиональную направленность.

Практические занятия по дисциплине являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации, используемый на практических занятиях и заключающийся в постановке перед студентами логических и ситуационных задач с целью достижения планируемых результатов в части умения анализировать процессы, протекающие в механизмах, агрегатах, системах и конструктивных элементах входящих в состав систем автоматического управления (САУ) двигателем и подачей топлива на примере их функциональных и принципиальных схем и соответствующих программ управления; определять особенности работы САУ двигателем и подачей топлива во всем диапазоне эксплуатационных режимов, высот и скоростей полета; привитие навыков контроля работоспособности с помощью систем индикации и мониторинга; отработка навыков эксплуатации САУ двигателем и подачей топлива.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирование навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа со справочниками, периодическими изданиями и научно-популярной литературой. Самостоятельная работа включает подготовку к устному опросу, подготовка к контрольным работам и решению логических и ситуационных задач, подготовка к докладам.

**9Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**



Фонд оценочных средств по дисциплине «Автоматика управления авиационными двигателями» предназначен для выявления и оценки уровня и качества знаний студентов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме экзамена в 9 семестре.

Фонд оценочных средств для текущего контроля включает вопросы для устных опросов, логические и ситуационные задачи, вопросы для контрольных работ, темы докладов.

Устный опрос проводится на практических и лекционных занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала.

Контрольные работы выполняются обучающимися на практических занятиях на основании задания, выдаваемого преподавателем по соответствующей теме дисциплины и представляет собой оценку полученных теоретических и практических знаний. Контроль выполнения контрольных работ, преследует собой цель своевременного выявления усвоенного материала по конкретной теме дисциплины, для последующей корректировки.

Доклад – результат самостоятельной работы обучающегося, являющийся собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы. Студенты выступают с докладами на практических занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции.

Разбор конкретной ситуации, логические и ситуационные задачи, контрольные работы, доклады носят практико-ориентированный характер, используются в рамках практической подготовки с целью оценки формирования, закрепления, развития практических навыков.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде экзамена в 9 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

### **9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов по дисциплине**

Не применяется.

### **9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Устный опрос оценивается следующим образом: развернутый ответ обучающегося должен представлять собой связный, логически последовательный ответ на вопрос. Критерии оценивания:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

Доклад, критерии его оценки: новизна текста; обоснованность выбора источника; степень раскрытия сущности вопроса; соблюдения требований к оформлению. Новизна текста:

- а) актуальность темы исследования;
- б) новизна и самостоятельность в постановке проблемы;
- в) умение работать с исследованиями, систематизировать и структурировать материал;
- г) заявленность авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений.

Степень раскрытия сущности вопроса:

- а) соответствие плана теме доклада;
- б) соответствие содержания теме и плану доклада;
- в) полнота и глубина знаний по теме;
- г) обоснованность способов и методов работы с материалом;
- е) умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по одному вопросу (проблеме).

Обоснованность выбора источников:

- а) оценка литературы: привлечены ли наиболее известные работы по теме исследования (в т.ч. журнальные публикации последних лет, последние статистические данные, сводки, справки и т.д.).

Соблюдение требований к оформлению:

- а) насколько верно оформлены ссылки на используемую литературу, список литературы;
- б) оценка грамотности и культуры изложения (в т.ч. орфографической, пунктуационной, стилистической культуры), владение терминологией;

в) соблюдение требований к объему доклада.

Оценка «отлично» ставится, если выполнены все требования к написанию доклада: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объем, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» – основные требования к докладу выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала. Доклад логически последователен в суждениях; не выдержан объем доклада; имеются незначительные упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны ответы.

Оценка «удовлетворительно» – имеются существенные отступления от требований к докладу. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании доклада или при ответе на дополнительные вопросы; вывод неполный.

Оценка «неудовлетворительно» – тема доклада не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы, доклад не представлен.

Логические и ситуационные задачи:

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, сформулировавшему полный и правильный ответ при решении логической и ситуационной задачи, логично структурировавшему и изложившему материал. При этом обучающийся должен показать знание специальной литературы и проблемной области. Для получения отличной оценки необходимо продемонстрировать умение обозначить проблемные вопросы в соответствующей области, проанализировать и предложить собственную точку зрения при решении логической и ситуационной задачи, дать исчерпывающие ответы на уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, который дал правильный ответ при решении логической и ситуационной задачи, с соблюдением логики изложения материала, но допустил при ответе отдельные неточности, не имеющие принципиального характера. Показал знание специальной литературы и выделил проблемные области, предложил собственную точку зрения при решении логической и ситуационной задачи. Оценка «хорошо» может выставляться обучающемуся, недостаточно чётко и полно ответившему на уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему неполные знания при решении логической и ситуационной задачи, допустившему ошибки и неточности при решении логической и ситуационной задачи, продемонстрировавшему неумение логически выстроить ответа и сформулировать свою позицию по проблемным вопросам.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если не дан ответ при решении логической и ситуационной задачи; дан неверный,

содержащий фактические ошибки при решении логической и ситуационной задачи ответ; не даны ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.

Контрольная работа:

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал в контрольной работе последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, или 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого в контрольной работе материала.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы контрольной работы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал в контрольной работе непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса контрольной работы, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

Разбор конкретной ситуации

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, сформулировавшему полное и правильное решение при разборе конкретной ситуации, логично структурировавшему и изложившему материал, давшему комплексную оценку предложенной ситуации; демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы, давшему исчерпывающие ответы на уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, сформулировавшему полное и правильное решение при разборе конкретной ситуации, логично структурировавшему и изложившему материал, давшему комплексную оценку предложенной ситуации; возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя; умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, сформулировавшему правильное решение при разборе конкретной ситуации, но имеющему затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации возможны ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя и требующие наводящих вопросов; неполное теоретическое обоснование выводов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если не правильно оценена предложенная ситуация; отсутствует теоретическое обоснование, не даны ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.

На момент экзамена студент должен получить «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» за участие в по крайней мере в 50 % устных опросов, «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» за выполнение контрольных работ, разбор конкретной ситуации, доклады, логические и ситуационные задачи по всем темам, для которых они предусмотрены.

### **9.3 Темы курсовой работы по дисциплине**

Написание курсовых работ (проектов) учебным планом не предусмотрено.

### **9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам**

«Авиационное материаловедение»:

1. Коррозия авиационных сплавов.
2. Материалы, применяемые в авиастроении.
3. Неметаллические авиационные материалы.

«Конструкция и прочность воздушных судов»:

1. Классификация сил, действующих на воздушные суда в условиях эксплуатации.
2. Особенности нагружения и расчета прочности воздушных судов. Коэффициент безопасности.
3. Виды разрушающих напряжений. Растяжение. Сжатие. Сдвиг. Кручение. Изгиб.
4. Общие требования к прочности воздушных судов.

«Конструкция и прочность авиационных двигателей»:

- 1 Критические частоты вращения и балансировка роторов.
- 2 Конструкция и прочность реверсивных устройств.
- 3 Статические нагрузки, действующие на основные узлы авиационных ГТД.
- 4 Статическая прочность рабочих лопаток авиационных ГТД. Принцип и особенности работы гидродинамической муфты.

«Горюче-смазочные материалы и специальные жидкости»:

1. Гидравлические жидкости: типы, назначение, свойства.
2. Назначение и свойства противообледенительных жидкостей, жидкостей для очистки наружных поверхностей воздушных судов.
3. Растворители, смывки, технические моющие жидкости: назначение, свойства.

«Средства контроля технического состояния авиационной техники».

1 Перечислите основные средства контроля технического состояния авиационной техники

2 Что такое трибодиагностика?

3 Инструментальный контроль технического состояния авиационной техники.

4 Средства визуально-оптического контроля технического состояния авиационной техники.

### 9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
I этап		
ПК-6	ИД <sup>1</sup> <sub>ПК6</sub> ИД <sup>2</sup> <sub>ПК6</sub>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные тенденции развития систем автоматического управления (САУ) авиационными двигателями;</li> <li>– принцип действия, особенности конструктивного выполнения, условия работы и характеристики устройств, входящих в автоматические системы силовых установок.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классифицировать САУ по назначению, принципу построения, виду используемой вспомогательной энергии, типу программ или характеру изменения задаваемой величины, продолжительности управляющего воздействия, количеству контуров управления.</li> </ul>
II этап		
	ИД <sup>3</sup> <sub>ОПК2</sub> ИД <sup>2</sup> <sub>УК2</sub>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать динамические свойства газотурбинного двигателя, как объекта управления, сущность процессов, протекающих в авиадвигателе, как объекте управления, законы управления авиадвигателями различных типов воздушных судов гражданской авиации.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами оценки перспективных САУ авиационными двигателями, определяет особенности работы САУ двигателем и подачей топлива во всем диапазоне эксплуатационных режимов, высот и скоростей полета;</li> <li>- навыками проведения анализа эксплуатационных</li> </ul>
ПК-6	ИД <sup>2</sup> <sub>УК3</sub> ИД <sup>1</sup> <sub>ПК6</sub> ИД <sup>2</sup> <sub>ПК6</sub>	

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		отказов устройств, входящих в САУ и контроля работоспособности с помощью систем индикации и мониторинга.

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации:

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно выполняет практические задания, дает обоснованную оценку итогам суждений.

«Хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и, по существу, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в выполнении практического задания некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи. Обучающийся решает практические задания верно.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными знаниями в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Практические задания выполнено не полностью, или содержатся незначительные ошибки в суждении.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает принципиальные ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и при выполнении практических заданий.

## 9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине

### Примерный перечень вопросов устного опроса

- 1 Что называется объектом управления и САУ?
- 2 Что называется автоматическим управляющим устройством (регулятором)?
- 3 Перечислите основные элементы систем автоматического управления.

- 4 Назовите и охарактеризуйте основные принципы автоматического управления.
- 5 Начертите обобщенные структурные схемы САУ, построенные по принципу компенсации и отклонения.
- 6 Вычертите обобщенную структурную схему САУ, построенную по принципу комбинированного управления.
- 7 Проанализируйте структурную схему САУ ТВД по частоте вращения.
- 8 Проанализируйте следящую систему на примере регулятора расхода топлива ТРДД.
- 9 Проанализируйте систему управления на примере гидрозамедлителя.
- 10 Объясните физический смысл процесса автоматического управления ЛА и ГТД.
- 11 Перечислите технические требования, предъявляемые к САУ ГТД.
- 12 Какие основные задачи решаются с помощью САУ ГТД?
- 13 Какие требования предъявляются к САУ ГТД ГА?
- 14 Какие эксплуатационные требования предъявляются к САУ частотой вращения роторов авиационных двигателей?
- 15 Почему возникает необходимость в разделении всего диапазона эксплуатационных частот вращения на два поддиапазона: поддиапазон ручного управления частотой вращения и поддиапазон автоматического управления?
- 16 Дайте сравнительную оценку САУ частотой вращения с регуляторами следующих типов: прямого действия, непрямого действия, простейшей схемы, непрямого действия с жесткой обратной связью, непрямого действия с изодромной обратной связью.
- 17 Пользуясь принципиальной схемой САУ одного из ТЗДД или ТВД ГА, составьте структурную схему его регулятора частоты вращения.
- 18 Как классифицируются элементы САУ по функциональным признакам, по статическим и динамическим свойствам?
- 19 Поясните физический смысл постоянной времени и коэффициента усиления.
- 20 Как можно определить динамические параметры звена по амплитудно-фазовой частотной характеристике?
- 21 Перечислите типовые динамические звенья САУ.
- 22 Что такое зона нечувствительности измерительного устройства?
- 23 Назовите типы задающих устройств и способы их настройки.
- 24 Какие причины вызывают колебательность измерительных устройств?
- 25 Перечислите элементы входящие в состав регуляторов.
- 26 Что такое регулятор прямого действия?
- 27 Какими достоинствами и недостатками обладают регуляторы прямого действия?
- 28 Поясните принцип действия регуляторов с обратной связью.
- 29 Что понимается под устойчивостью САУ?



**Примерные темы контрольных работ для проведения текущего контроля успеваемости по теме 1.**

**Темы контрольных работ:**

1 Дайте обоснование необходимости применения САУ (САР) для обеспечения надежного и эффективного управления АГТСУ.

2 Изложите краткие сведения об истории развития САУ.

3 Дайте определение САУ (САР) АГТСУ, состав, назначение, основные требования. Системы и устройства силовых установок, работа которых управляется с помощью автоматических систем.

4 Поясните классификацию основных типов АС управления современных АГТСУ.

5 Перечислите свойства САУ (САР).

6 Выберите правильный ответ:

6.1. Что такое многомерная САР?

А). САР с несколькими РП

Б). САР с несколькими РФ

В). САР с несколькими ВВ

Г). САР агрегаты которой распределённая по корпусу двигателя

6.2. Время запуска и выхода на режим МГ должно быть не выше.

А). 20 ... 80 с

Б). 2 ... 80 с

В). 2 ... 8 с

Г). 200 ... 800 с

6.3.  $T^*_Г$  используется в качестве

А) основного регулируемого параметра

Б) дополнительного регулируемого параметра В), как основного, так и дополнительного

Г) не контролируется

6.4. При снижении и  $p^*_Г$  для одновального ТРД с нерегулируемым соплом

А).  $T^*_Г$  достигает максимального значения

Б).  $T^*_Г$  достигает минимального значения

В).  $T^*_Г$  не изменяется

Г).  $T^*_Г$  изменяется немонотонно

6.5. При снижении  $T^*_в$  для одновального ТРД с нерегулируемым соплом

А).  $n^*_{пр}$  достигает максимального значения \*

Б).  $n^*_{пр}$  достигает минимального значения \*

В).  $n^*_{пр}$  не изменяется

Г).  $n^*_{пр}$  изменяется немонотонно

**Примерные темы разбора конкретной ситуации для проведения текущего контроля успеваемости по теме 1.**

Охарактеризуйте данную систему: «Если в системе управления основным параметром является степень повышения давления (*EPR* - EnginePressureRatio. Это соотношение между давлением газовой струи в выходном устройстве двигателя к давлению воздуха на входе в воздухозаборник...». Приведите пример.

**Примерные темы логических и ситуационных задач для проведения текущего контроля успеваемости по теме 1.**

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

1. Недостатком программы регулирования форсажного контура:  
является уменьшение тяги основного контура при самопроизвольного прекращения горения в ФК;  
является увеличение тяги основного контура при самопроизвольного прекращения горения в ФК;  
является уменьшение тяги форсажного контура при самопроизвольного прекращения горения в ФК;  
является увеличение тяги форсажного контура при самопроизвольного прекращения горения в ФК.

2. Недостатком программы регулирования форсажного контура:  
является богатый срыв в форсажной камере сгорания при изменении режима основного контура;  
является бедный срыв в форсажной камере сгорания при изменении режима основного контура;  
является богатый срыв в основной камере сгорания при изменении режима основного контура;  
является бедный срыв в основной камере сгорания при изменении режима основного контура.

3. Что происходит с величиной ограничения скорости одновального высотного ТВД при увеличении его скорости:  
растёт;  
падает;  
не изменяется;  
такое ограничение отсутствует.

**Примерные темы докладов для проведения текущего контроля успеваемости по теме 1.**

*Темы докладов:*

1 Обоснование необходимости применения САУ (САР) для обеспечения надежного и эффективного управления АГТСУ.

2 Краткие сведения об истории развития САУ.

3 Определение САУ (САР) АГТСУ, состав, назначение, основные требования.

4 Системы и устройства силовых установок, работа которых управляется с помощью автоматических систем.

5 Классификация основных типов АС управления современных АГТСУ.

6 Свойства САУ (САР).

**Примерные темы контрольных работ для проведения текущего контроля успеваемости по теме2.**

**Темы контрольных работ:**

1 Перечислите основные эксплуатационные режимы работы авиационных ГТД.

2 Дайте понятия регулируемым параметрам (РП) и регулирующим факторам (РФ) авиационных ГТД.

3 Какие требования предъявляются к регулируемым параметрам (РП).

4 Перечислите программы регулирования ТРД, ТРДД, ТВД, ТВад.

5 Как изменение различных параметров двигателей при изменении внешних условий ( $p_n^*$  и  $T_n^*$ ) влияет на программу регулирования.

6 Перечислите основные свойства ГТД, как объекта регулирования.

7 Расскажите о вычислительной и измерительной части гидромеханического устройства (регулятора).

8 Объясните работу регулятора при изменении режима работы двигателя и изменении внешних условий ( $p_n^*$  и  $T_n^*$ ).

**Примерные темы разбора конкретных ситуаций для проведения текущего контроля успеваемости по теме2.**

Охарактеризуйте данную систему управления: «Если частота ( $N1$ ) является главным управляемым параметром, система управления поддерживает расход воздуха в двигателе постоянным при помощи адаптации частоты ( $N1$ ) к изменяющейся плотности наружного воздуха. Информацию о каком параметре должна получать система управления?» Приведите пример.

**Примерные темы логических и ситуационных задач для проведения текущего контроля успеваемости по теме2.**

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

Что происходит с постоянной времени двигателя при увеличении его диаметра:

растёт пропорционально квадрату диаметра;

растёт пропорционально диаметру;

падает;

не изменяется.

Двигатель как объект регулирования неустойчив при:  
отрицательном коэффициенте самовыравнивания;

положительном коэффициенте самовыравнивания;  
коэффициенте самовыравнивания большем 1;  
коэффициенте самовыравнивания большем или равном 1.  
С ростом высоты динамические свойства двигателя меняются следующим образом:

постоянная времени растёт, коэффициент усиления растёт;  
постоянная времени падает, коэффициент усиления падает;  
постоянная времени растёт, коэффициент усиления падает;  
постоянная времени падает, коэффициент усиления растёт.

С ростом скорости полёта динамические свойства двигателя меняются следующим образом:

постоянная времени растёт, коэффициент усиления растёт;  
постоянная времени падает, коэффициент усиления падает;  
постоянная времени растёт, коэффициент усиления падает;  
постоянная времени падает, коэффициент усиления растёт.

### **Примерные темы докладов для проведения текущего контроля успеваемости по теме 2**

#### *Темы докладов*

- 1 Основные эксплуатационные режимы работы авиационных ГТД.
- 2 Регулируемые параметры (РП) и регулирующие факторы (РФ) авиационных ГТД.
- 3 Требования к регулируемым параметрам (РП).
- 4 Программы регулирования ТРД, ТРДД, ТВД, ТВад.
- 5 Изменение различных параметров двигателей при изменении внешних условий ( $p_n^*$  и  $T_n^*$ ) для различных программ регулирования.
- 6 Основные свойства ГТД, как объекта регулирования.
- 7 Вычислительная и измерительная части гидромеханического устройства (регулятора).
- 8 Работа регулятора при изменении режима работы двигателя и изменении внешних условий ( $p_n^*$  и  $T_n^*$ ).

### **Примерные темы контрольных работ для проведения текущего контроля успеваемости по теме 3.**

#### *Темы контрольных работ:*

- 1 Расскажите об эволюции развития САУ (САР) двигателем и подачей топлива.
- 2 Перечислите основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива.

### **Примерные темы разбора конкретных ситуаций для проведения текущего контроля успеваемости по теме 3.**

На рисунке 1 представлена кривая расхода топлива при устойчивой работе на требуемой частоте вращения ротора высокого давления ( $N_2$ ) и две ограничительные линии: одна (верхняя) для ограничения по помпажу, другая (нижняя) – по срыву пламени в камере сгорания. Проанализируйте зависимость расхода топлива в авиационном двухконтурном ГТД от числа оборотов ротора высокого давления ( $N_2$ ). Сделайте выводы.

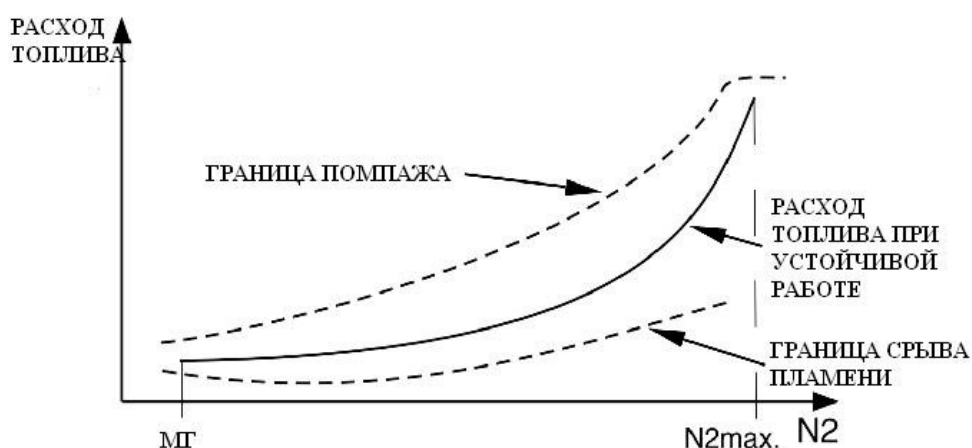


Рисунок 1. Зависимость расхода топлива от числа оборотов ротора высокого давления ( $N_2$ )

**Примерные темы логических и ситуационных задач для проведения текущего контроля успеваемости по теме 3.**

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

При использовании метода разгонных характеристик используют следующие значения:

расход топлива, обороты, ускорение ротора;

расход топлива, обороты, скорость ротора;

расход топлива, ускорение оборотов, скорость ротора;

расход топлива, обороты, скорость изменения расхода топлива.

При ступенчатом увеличении расхода топлива температура газа  $T^*_Г$  растёт;

падает;

вначале растёт, потом падает;

вначале падает, потом растёт.

При ступенчатом увеличении расхода топлива тяга двигателя:

растёт;

падает;

вначале растёт, потом растёт медленнее;

вначале падает, потом растёт быстрее.

**Примерные темы докладов для проведения текущего контроля успеваемости по теме 3.**

*Темы докладов:*

- 1 Эволюция развития САУ (САР) двигателем и подачей топлива.
- 2 Основные задачи САУ (САР) двигателем и подачей топлива.

**Примерные темы контрольных работ для проведения текущего контроля успеваемости по теме 4.**

*Темы контрольных работ:*

1 Как происходит регулирование частоты вращения ротора высокого давления (N2).

2 Как происходит регулирование частоты вращения ротора низкого давления (N1) и степени повышения давления в двигателе.

**Примерные темы разбора конкретных ситуаций для проведения текущего контроля успеваемости по теме 4.**

Для поддержания заданного режима работы двигателя может использоваться одна из следующих возможных программ регулирования:

а).  $n_{нд} = const$ ;

б).  $n_{вд} = const$ ;

в).  $T_{г}^* = const$ .

Какая программа будет наиболее рациональной для самолета большой высотности и сравнительно небольших дозвуковых скоростей полета? Приведите аргументы и пример такой программы.

**Примерные темы логических и ситуационных задач для проведения текущего контроля успеваемости по теме 4.**

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

САУ частоты вращения ТВД:

статическая;

астатическая;

изодромная;

разомкнутая.

При перенастройке регулятора с  $n_1$  до  $n_2$

появляются провалы тяги двигателя;

тяга двигателя не изменяется;

появляются забросы тяги двигателя;

тяга двигателя не зависит от перенастройки регулятора.

**Примерные темы докладов для проведения текущего контроля успеваемости по теме 4.**

*Темы докладов:*

1 Регулирование частоты вращения ротора высокого давления (N2).

2 Регулирование частоты вращения ротора низкого давления (N1) и степени повышения давления в двигателе.

**Примерные темы контрольных работ для проведения текущего контроля успеваемости по теме5.**

**Темы контрольных работ:**

- 1 Работа САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: АИ-25.
- 2 Работа САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: CFM56-2.
- 3 Работа САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТВ2-117.

**Примерные темы разбора конкретных ситуаций для проведения текущего контроля успеваемости по теме5.**

Какая программа выбрана в качестве основной программы регулирования двигателя АИ-25 на основных режимах его работы? Опишите особенности и приведите аргументы в ее пользу.

**Примерные темы логических и ситуационных задач для проведения текущего контроля успеваемости по теме5.**

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

Применение гидромеханических САУ становится всё более затруднительным. Связано с ростом числа регулируемых параметров и усложнение программы регулирования.

**Примерные темы докладов для проведения текущего контроля успеваемости по теме 5.**

*Темы докладов:*

- 1 САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: АИ-25.
- 2 САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: CFM56-2.
- 3 САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТВ2-117.

**Примерные темы контрольных работ для проведения текущего контроля успеваемости по теме6.**

**Темы контрольных работ:**

1 Объясните САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТРДД: SaM146.

2 Объясните САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТРДД: CFM56-3 (CF6-80C2) версии с РМС.

3 Объясните САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТВД.

**Примерные темы разбора конкретных ситуаций для проведения текущего контроля успеваемости по теме6.**

Система управления двигателем CFM56-3 состоит из двух блоков: МЕС (гидромеханическая часть) и РМС (электронная часть) с соответствующими датчиками. Опишите данные блоки и охарактеризуйте вспомогательные системы. Что произойдет если блок МЕС будет работать без блока РМС?

**Примерные темы логических и ситуационных задач для проведения текущего контроля успеваемости по теме 6.**

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

Полуэлектронная СУ:

является логическим продолжением развития гидромеханических САУ. В аналоговых ЭСУ процесс регулирования аналогичен процессам в гидромеханических САУ с тем отличием, что передаются и преобразуются электрические аналоговые сигналы.

включает в себя преобразователи, предназначенные для преобразования физических величин в электрическое напряжение. Напряжения, соответствующие регулируемым параметрам и параметрам внешних условий, поступают в электрический блок. В нём формируется программа регулирования. Напряжения на выходе из него, соответствующие регулирующим факторам поступают в усилитель и далее в исполнительный механизм на изменение регулируемых факторов.

**Примерные темы докладов для проведения текущего контроля успеваемости по теме 6.**

*Темы докладов:*

1 САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТРДД: SaM146.

2 САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТРДД: CFM56-3 (CF6-80C2) версии с РМС.

3 САУ (САР) двигателем и подачей топлива двигателей: ТРДД: ТВД.

**Примерные темы контрольных работ для проведения текущего контроля успеваемости по теме 7.**

*Темы контрольных работ:*

1 Каковы основные задачи САУ (САР) типа «FADEC».

2 Объясните устройство САУ (САР) типа «FADEC».

3 Расскажите об Интерфейсах «Самолет/Двигатель». САУ (САР) двигателем и подачей топлива конкретных двигателей: ТРДД: CFM56 (5B, 7B), RB211-535E4, V2500-A5, PW4000, Trent500, SaM146, ПС-90, Д-30; ТВД.

4 Каковы направления развития в разработке систем «FADEC».

**Примерные темы разбора конкретных ситуаций для проведения текущего контроля успеваемости по теме 7.**

В электронной части САУ двигателя автоматически контролируется исправность элементов САУ. Что происходит при отказе элементов САУ? Опишите алгоритм. Приведите пример. Сделайте выводы.

**Примерные темы логических и ситуационных задач для проведения текущего контроля успеваемости по теме 7.**



Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

Преимущества электронных СУ:

при минимальной массе и габаритах позволяет реализовать сколь угодно сложную программу регулирования с учётом практически неограниченного числа РП и РФ;

даёт возможность построить единую САУ всей двигательной установки, включающей воздухозаборник, газогенератор, форсажную камеру и реактивное сопло;

обеспечивает более высокую точность поддержания РП, что позволяет повысить тягу, экономичность ресурс двигателя;

возможность проверки желаемых программ регулирования на стадии доводки и проектирования двигателя;

электронной СУ могут осуществляться тестовые проверки и самоконтроль, выявление неисправностей.

**Примерные темы докладов для проведения текущего контроля успеваемости по теме 7.**

*Темы докладов:*

1 Основные задачи САУ (САР) типа «FADEC».

2 Устройство САУ (САР) типа «FADEC».

3 Интерфейс «Самолет/Двигатель». САУ (САР) двигателем и подачей топлива конкретных двигателей: ТРДД: CFM56 (5B, 7B), RB211-535E4, V2500-A5, PW4000, Trent500, SaM146, ПС-90, Д-30; ТВД....

4 Направления развития в разработке систем «FADEC».

**Примерные вопросы, логические и ситуационные задачи для проведения промежуточной аттестации**

1 Классифицируйте системы и устройства силовых установок, работа которых управляется с помощью АС. Дайте определение САУ АГТСУ в соответствии с ГОСТ 23851-79.

2 Охарактеризуйте данную систему: «Если в системе управления основным параметром является степень повышения давления ( $EPR$  - EnginePressureRatio. Это соотношение между давлением газовой струи в выходном устройстве двигателя к давлению воздуха на входе в воздухозаборник...». Приведите пример. Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

Недостатком программы регулирования форсажного контура:

является уменьшение тяги основного контура при самопроизвольного прекращения горения в ФК;

является увеличение тяги основного контура при самопроизвольного прекращения горения в ФК;

является уменьшение тяги форсажного контура при самопроизвольном прекращении горения в ФК;  
является увеличение тяги форсажного контура при самопроизвольного прекращения горения в ФК.

3 Обоснуйте необходимость применения САУ (САР) для обеспечения надежного и эффективного управления АГТСУ.

4 Выберите правильный ответ: Что такое многомерная САР?

А). САР с несколькими РП

Б). САР с несколькими РФ

В). САР с несколькими ВВ

Г). САР агрегаты которой распределённая по корпусу двигателя

5 Сколько поколений в своем развитии насчитывает топливопитающая и топливорегулирующая аппаратура, охарактеризуйте каждое из них.

Определите последовательность, соответствующую правильному ответу и оцените последствия принятого решения: Недостатком программы регулирования форсажного контура:

является богатый срыв в форсажной камере сгорания при изменении режима основного контура;

является бедный срыв в форсажной камере сгорания при изменении режима основного контура;

является богатый срыв в основной камере сгорания при изменении режима основного контура;

является бедный срыв в основной камере сгорания при изменении режима основного контура.

6 Охарактеризуйте ГТД (как объект управления) с точки зрения управления им.

7 Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения. Что происходит с величиной ограничения скорости одновального высотного ТВД при увеличении его скорости:

растёт;

падает;

не изменяется;

такое ограничение отсутствует.

8 Классифицируйте возмущающие воздействия действующие на ГТД, как объект управления. Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

9 Охарактеризуйте данную систему управления: «Если частота ( $N1$ ) является главным управляемым параметром, система управления поддерживает расход воздуха в двигателе постоянным при помощи адаптации частоты ( $N1$ ) к изменяющейся плотности наружного воздуха. Информацию о каком параметре должна получать система управления?» Приведите пример. Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

Аргументируйте выбор правильного ответа, рассмотрев все варианты. Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения:

Что происходит с постоянной времени двигателя при увеличении его диаметра:

растёт пропорционально квадрату диаметра;

растёт пропорционально диаметру;

падает;

не изменяется.

10 Дайте определение автоматической системе (АС) управления. Изобразите функциональную схему АС замкнутого типа.

11 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения. С ростом высоты динамические свойства двигателя меняются следующим образом:

постоянная времени растёт, коэффициент усиления растёт;

постоянная времени падает, коэффициент усиления падает;

постоянная времени растёт, коэффициент усиления падает;

постоянная времени падает, коэффициент усиления растёт.

12 Определите последовательность функционирования системы автоматического регулирования (САР). В чем отличие САР от САУ?

13 На рисунке 1 представлена кривая расхода топлива при устойчивой работе на требуемой частоте вращения ротора высокого давления ( $N_2$ ) и две ограничительные линии: одна (верхняя) для ограничения по помпажу, другая (нижняя) – по срыву пламени в камере сгорания. Проанализируйте зависимость расхода топлива в авиационном двухконтурном ГТД от числа оборотов ротора высокого давления ( $N_2$ ). Сделайте выводы.

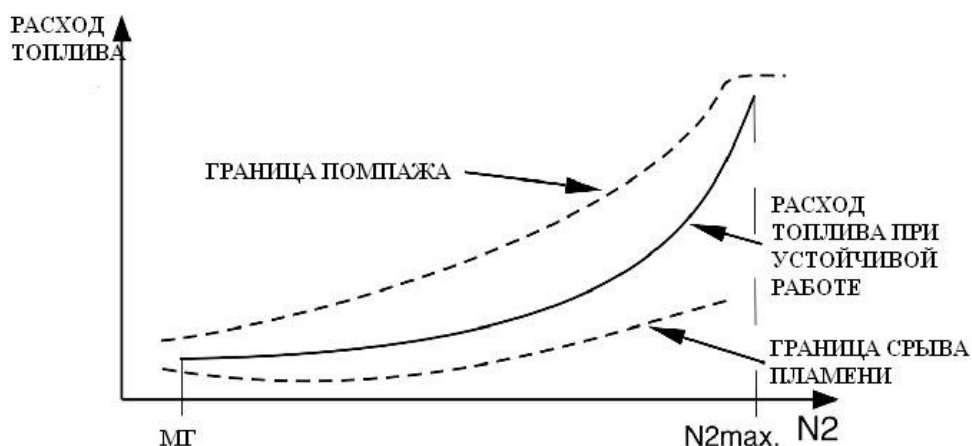


Рисунок 1. Зависимость расхода топлива от числа оборотов ротора высокого давления ( $N_2$ )

14 Классифицируйте основные элементы САУ (САР), регулятора, датчика и сервомеханизма на примере функциональной схемы типовой САР. Дайте определение каждому из них и приведите их примеры.

Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

При использовании метода разгонных характеристик используют следующие значения:

расход топлива, обороты, ускорение ротора;

расход топлива, обороты, скорость ротора;

расход топлива, ускорение оборотов, скорость ротора;

расход топлива, обороты, скорость изменения расхода топлива.

15 Назначение и задачи, решаемые САУ (САР), предъявляемые к ним требования.

16 Время запуска и выхода на режим МГ должно быть не выше.

А). 20 ... 80 с

Б). 2 ... 80 с

В). 2 ... 8 с

Г). 200 ... 800 с

21 Перечислите системы и устройства силовых установок, работа которых управляется с помощью АС. Дайте определение САУ АГТСУ в соответствии с ГОСТ 23851-79.

22 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения. С ростом скорости полёта динамические свойства двигателя меняются следующим образом:

постоянная времени растёт, коэффициент усиления растёт;

постоянная времени падает, коэффициент усиления падает;

постоянная времени растёт, коэффициент усиления падает;

постоянная времени падает, коэффициент усиления растёт.

23 По каким признакам классифицируются режимы работы двигателя? Перечислите основные эксплуатационные режимы работы ГТД и охарактеризуйте каждый из них.

24 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения. При ступенчатом увеличении расхода топлива температура газа  $T^*_Г$  растёт; падает;

вначале растёт, потом падает;

вначале падает, потом растёт.

25 Дайте определение таких понятий, как управляемый (регулируемый) параметр, регулирующий фактор и программа управления (регулирования), перечислите основные из них. Назовите управляющие органы (УО) различных ГТД.

26 Обоснуйте правильный ответ  $T^*_Г$  используется в качестве

А) основного регулируемого параметра

Б) дополнительного регулируемого параметра

В), как основного так и дополнительного

Г) не контролируется

27 Требования к управляемым (регулируемым) параметрам. Каково количественное соотношение между числом управляемых параметров (УП), числом регулирующих факторов (РФ) и числом регуляторов?

28 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения. При ступенчатом увеличении расхода топлива тяга двигателя:

растёт;

падает;

вначале растёт, потом растёт медленнее;

вначале падает, потом растёт быстрее.

29 Какие параметры называются ограничиваемыми? Перечислите основные ограничиваемые параметры и охарактеризуйте каждый из них.

30 Обоснуйте правильный ответ: при снижении и  $p^*_Г$  для одновального ТРД с нерегулируемым соплом

А).  $T^*_Г$  достигает максимального значения

Б).  $T^*_Г$  достигает минимального значения

В).  $T^*_Г$  не изменяется

Г).  $T^*_Г$  изменяется немонотонно

31 Охарактеризуйте и изобразите программу регулирования одновального (однокаскадного) одноконтурного турбореактивного двигателя (ТРД).

32 Охарактеризуйте и изобразите программу регулирования двухвального (двухкаскадного) одноконтурного турбореактивного двигателя (ТРД).

33 Определите последовательность и изобразите программу регулирования двухконтурного турбореактивного двигателя (ТРДД).

34 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения. При ступенчатом увеличении расхода топлива тяга двигателя:

растёт;

падает;

вначале растёт, потом растёт медленнее;

вначале падает, потом растёт быстрее.

35 Охарактеризуйте и изобразите программу регулирования турбовинтового двигателя (ТВД).

36 Охарактеризуйте и изобразите программу регулирования турбовального двигателя (ТВаД).

37 Покажите на графике изменение основных регулируемых параметров ( $n_n$ ,  $n_v$ ,  $T^*_Г$ ) типичного двухвального одноконтурного ТР с нерегулируемым соплом при изменении внешних условий (числа М) для различных программ управления и объясните характер их изменений.

38 Для поддержания заданного режима работы двигателя может использоваться одна из следующих возможных программ регулирования:

а).  $n_{НД} = const$ ;

б).  $n_{ВД} = const$ ;

в).  $T^*_Г = const$ .

Какая программа будет наиболее рациональной для самолета большой высотности и сравнительно небольших дозвуковых скоростей полета? Приведите аргументы и пример такой программы.

39 Классифицируйте систем двигателя и дайте их краткую характеристику.

40 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

САУ частоты вращения ТВД:

статическая;

астати́ческая;

изодромная;

разомкнутая.

41 Из каких систем и элементов состоит типовая топливная система (на примере принципиальной схемы двигателя CFM56-3)?

42 Топливная система типичного ТРД (на примере топливной системы двигателя CFM56-3). Краткая характеристика компонентов системы.

43 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

При перенастройке регулятора с  $n_1$  до  $n_2$

появляются провалы тяги двигателя;

тяга двигателя не изменяется;

появляются забросы тяги двигателя;

тяга двигателя не зависит от перенастройки регулятора.

44 Основные задачи системы управления двигателем и подачей топлива.

45 Как в ТРДД с помощью топливодозирующего устройства (FCU) осуществляется регулирование частоты вращения ротора высокого давления (N2)?

46 Какая программа выбрана в качестве основной программы регулирования двигателя АИ-25 на основных режимах его работы? Опишите особенности и приведите аргументы в ее пользу.

47 Какой параметр двигателя использует система управления двигателем для регулирования тяги (в зависимости от фирмы производителя двигателя)?

48 Аргументируйте правильный ответ и оцените последствия принятого решения:

Применение гидромеханических САУ становится всё более затруднительным. Связано с ростом числа регулируемых параметров и усложнение программы регулирования.

49 Система управления двигателем CFM56-3 состоит из двух блоков: МЕС (гидромеханическая часть) и РМС (электронная часть) с соответствующими датчиками. Опишите данные блоки и охарактеризуйте вспомогательные системы. Что произойдет если блок МЕС будет работать без блока РМС?

50 Как осуществляется регулирование тяги двигателя гидромеханическими системами управления двигателем и подачей топлива (на примере двигателей CFM56-3 и CF6-80C2)?

51 Аргументируйте выбор правильного ответа, рассмотрев все варианты:

Полуэлектронная СУ:

является логическим продолжением развития гидромеханических САУ. В аналоговых ЭСУ процесс регулирования аналогичен процессам в гидромеханических САУ с тем отличием, что передаются и преобразуются электрические аналоговые сигналы.

включает в себя преобразователи, предназначенные для преобразования физических величин в электрическое напряжение. Напряжения, соответствующие регулируемым параметрам и параметрам внешних условий, поступают в электрический блок. В нём формируется программа регулирования. Напряжения на выходе из него, соответствующие регулирующим факторам поступают в усилитель и далее в исполнительный механизм на изменение регулируемых факторов.

52 В электронной части САУ двигателя автоматически контролируется исправность элементов САУ. Что происходит при отказе элементов САУ? Опишите алгоритм. Приведите пример. Сделайте выводы.

53 Аргументируйте выбор правильного ответа, рассмотрев все варианты:  
Преимущества электронных СУ:

при минимальной массе и габаритах позволяет реализовать сколь угодно сложную программу регулирования с учётом практически неограниченного числа РП и РФ;

даёт возможность построить единую САУ всей двигательной установки, включающей воздухозаборник, газогенератор, форсажную камеру и реактивное сопло;

обеспечивает более высокую точность поддержания РП, что позволяет повысить тягу, экономичность ресурс двигателя;

возможность проверки желаемых программ регулирования на стадии доводки и проектирования двигателя;

в электронной СУ могут осуществляться тестовые проверки и самоконтроль, выявление неисправностей.

54 Направления развития в разработке систем «FADEC».

55 Из каких основных частей состоит упрощенная схема управления расходом топлива (гидромеханическое устройство). Состав вычислительной и измерительной части, их назначение и совместная работа по регулированию частоты вращения двигателя.

56 Принцип дозирования топлива измерительной частью регулятора подачи топлива.

57 Опишите работу регулятора подачи топлива при неизменном положении РУД и изменяющихся внешних условиях на примере простого топливодозирующего устройства (типа FCU).

58 Определите последовательность работы регулятора подачи топлива при неизменных внешних условиях и изменяющемся положении РУД на примере простого топливодозирующего устройства (типа FCU).

59 Схематично изобразите систему управления двигателем и подачей топлива CFM56-3: состав системы, входные и выходные сигналы.

Охарактеризуйте совместную работу гидромеханического блока (МЕС) и блока управления мощностью (РМС) по управлению тягой.

60 Какими вспомогательными системами двигателя управляет гидромеханический блок (регулятор подачи топлива)? происходить на примере одной из них.

61 Классифицируйте датчики двигателя, используемых для управления двигателем и мониторинга. Изобразите таблично.

62 Обоснуйте правильный ответ: При снижении  $T^*$  в для одновального ТРД с нерегулируемым соплом

А).  $n^*_{пр}$  достигает максимального значения \*

Б).  $n^*_{пр}$  достигает минимального значения \*

В).  $n^*_{пр}$  не изменяется

Г).  $n^*_{пр}$  изменяется немонокотонно

63 Система управления двигателем и подачей тягой ТРДД CF6-80C2 (версия с РМС). Состав системы, входные и выходные сигналы. Совместная работа гидромеханического блока (МЕС) и блока управления мощностью (РМС) по тяге

64 В чем преимущество цифровой системы управления двигателем с полной ответственностью (FADEC) перед гидромеханической системой управления? Приведите примеры.

65 Назначение САУ FADEC, охарактеризуйте решаемые задачи.

66 Состав САУ FADEC, функциональная схема. Назначение и состав электронного регулятора (ЕЕС). Как осуществляется питание ЕЕС?

67 Какое программное обеспечение используется в ЕЕС, за что отвечает каждое из них? Как осуществляется перепрограммирование ЕЕС? Какая информация хранится в загрузке входных данных?

68 Типы датчиков, используемых в составе САУ FADEC, какие параметры и сигналы измеряются, где они установлены?

69 Назначение, состав топливodoзирующего устройства НМУ (FCU). В чем отличие друг от друга устройств МЕС, НМУ, FCU, FMU?

70 Для чего нужен интерфейс «Самолет/ Двигатель», как он осуществляется на самолетах А320 и В737NG?

71 Определите последовательность функционирования системы управления компрессором, какие системы используются на ТРДД, их работа на неустойчивом режиме?

72 Для чего нужна система управления радиальными зазорами турбины и как она работает?

73 Опишите систему «FADEC» двигателя CFM56-5B.

74 Опишите систему «FADEC» двигателя V2500-A5.

75 Опишите систему «FADEC» двигателя TRENT500.

76 Назовите основные направления развития в разработке систем «FADEC». Охарактеризуйте каждый этап направлений развития.

77 На каких зарубежных самолетах и вертолетах стоят авиадвигатели с САУ типа «FADEC» и чем они отличаются друг от друга?



78С каких годов, и на какие отечественные гражданские и военные самолеты стали устанавливать двигатели с САУ типа «FADEC», приведите пример функциональной схемы одной из них? Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

79 Из каких основных элементов состоит типовое автоматическое управляющее устройство (регулятор)? Охарактеризуйте каждый элемент, как с точки конструкции и его работы в составе регулятора. Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

80 Покажите изменение основных параметров авиационных ГТД при изменении внешних условий для различных программ регулирования. Обоснуйте свой ответ и оцените последствия принятого решения.

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Методика преподавания дисциплины «Автоматика управления авиационными двигателями» характеризуется совокупностью методов, приемов и средств обучения, обеспечивающих реализацию содержания и учебных целей дисциплины, которая может быть представлена как некоторая методическая система, включающая методы, приемы и средства обучения. Такой подход позволяет более качественно подойти к вопросу освоения дисциплины обучающимися.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплинам. Лекция имеет целью дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрыть состояние и перспективы прогресса конкретной области науки, сконцентрировать внимание на наиболее сложных и узловых вопросах. Эта цель определяет дидактическое назначение лекции, которое заключается в том, чтобы ознакомить обучающихся с основным содержанием, категориями, принципами и закономерностями изучаемой темы и предмета обучения в целом, его главными идеями и направлениями развития. Именно на лекции формируется научное мировоззрение обучающегося, закладываются теоретические основы фундаментальных знаний будущего управленца, стимулируется его активная познавательная деятельность.

Каждая лекция представляет собой устное изложение лектором основных теоретических положений изучаемой дисциплины или отдельной темы, как логически законченное целое и имеет конкретную целевую установку. Лекция показывает перспективы развития изучаемой области знаний, навыков и практических умений.

Практические занятия проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков. Основным содержанием этих занятий является практическая работа каждого обучающегося. Назначение практических занятий – закрепление, углубление и комплексное применение на практике теоретических знаний, выработка умений и навыков обучающихся в решении

практических заданий. Вместе с тем, на этих занятиях, осуществляется активное формирование и развитие навыков и качеств, необходимых для последующей профессиональной деятельности. Практические занятия проводятся по наиболее сложным вопросам дисциплины и имеют целью углубленно изучить ее содержание, привить обучающимся навыки самостоятельного поиска и анализа информации, умение делать обоснованные выводы, аргументировано излагать и отстаивать свое мнение. Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации. Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется для оценки уровня остаточных знаний путём проведения устных опросов, обсуждения докладов, решения логических и ситуационных задач, проведения контрольных работ.

В современных условиях перед студентом стоит важная задача – научиться работать с массивами информации. Обучающимся необходимо развивать в себе способность и потребность использовать доступные информационные возможности и ресурсы для поиска нового знания и его распространения. Обучающимся необходимо научиться управлять своей познавательной деятельностью в системе «информация – знание – информация». Прежде всего, для достижения этой цели, в вузе организуется самостоятельная работа обучающихся. Кроме того, современное обучение предполагает, что существенную часть времени в освоении учебной дисциплины обучающийся проводит самостоятельно. Принято считать, что такой метод обучения должен способствовать творческому овладению обучающимися специальными знаниями и навыками.

Самостоятельная работа обучающегося весьма многообразна и содержательна. Она включает следующие виды занятий: самостоятельный поиск, анализ информации и проработка учебного материала; подготовку к устному опросу; решению логических и ситуационных задач, подготовку к контрольным работам; докладу.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде экзамена в 9 семестре. К моменту экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Экзамен позволяют оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 24 «Авиационной техники и диагностики» « 12 » \_\_\_\_\_ 04 \_\_\_\_\_ 2023 года, протокол № 8 .

Разработчик:




Давыдов И.А.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Заведующий кафедрой № 24 «Авиационной техники и диагностики»

к.т.н., доцент



Петрова Т.В.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент



Петрова Т.В.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета « 19 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2023 года, протокол № 8 .