

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
(Самарский университет)



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ТЕОРИЯ, РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Код плана	240502.65-2018-О-ПП-5г06м-01-А
Основная профессиональная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки (специальности)	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Профиль (программа, специализация)	Управление проектами и интегрированные информационные технологии в авиадвигателестроении
Квалификация (степень)	инженер
Блок, в рамках которого происходит освоение дисциплины (модуля)	Б1
Шифр дисциплины (модуля)	Б1.Б.29.04
Институт (факультет)	институт двигателей и энергетических установок
Кафедра	Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов
Форма обучения	очная
Курс, семестр	3 курс - 6 семестр, 4 курс - 7 и 8 семестры
Форма промежуточной аттестации	6 семестр - экзамен, 7 семестр - зачет, 8 семестр - экзамен

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Паспорт фонда оценочных средств

Перечень оценочных средств дисциплины (модуля)		Планируемые образовательные результаты	Этапы формирования компетенции	Способ формирования компетенции	Оценочное средство
Шифр компетенции	Наименование компетенции				
1	2	3	4	5	6
ОПК-1	Способен на научной основе организовать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеет навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований	<p>знать: методы и средства решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей; критерии оценки эффективности газотурбинного двигателя заданного назначения;</p> <p>уметь: самостоятельно формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя в зависимости от его назначения и условий эксплуатации; обосновывать принятое решение о выборе рационального варианта сочетания параметров рабочего процесса ГТД;</p> <p>владеть: навыками составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей.</p>	<p>Тема 3. Проектный термогазодинамический расчет ГТД.</p> <p>Тема 13. Выбор оптимальных параметров рабочего процесса ГТД.</p>	Лекции, практические занятия, курсовая работа, самостоятельная работа,	Устный опрос, тестирование, решение типовых практических задач, тематика курсовых задания
ОПК-2	Способен выполнять анализ термодинамического цикла двигателей и энергетических установок	<p>знать: закономерности изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы;</p> <p>уметь: выполнять качественный анализ влияния различных</p>	<p>Тема 4. Основные закономерности рабочего процесса ГТД.</p> <p>Тема 5. Анализ уравнений совместной работы узлов выполненного ТРДД.</p> <p>Тема 6. Основные</p>	Лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа.	Устный опрос, тестирование, решение типовых практических задач.

		<p>факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД;</p> <p>владеть: навыками составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок.</p>	<p>закономерности совместной работы узлов турбокомпрессора ТРДД.</p> <p>Тема 8. Анализ основных характеристик ТРДД.</p> <p>Тема 9. Особенности совместной работы узлов и характеристик ГТД с изменяемыми площадями характерных сечений.</p> <p>Тема 10. Особенности совместной работы узлов и характеристик ТРДФ и ТРДДФ.</p> <p>Тема 11. Особенности совместной работы узлов и характеристик ТВД и ГТД СТ.</p>		
ОПК-21	<p>Способен проводить проектирование машин и механизмов с учетом статических и динамических нагрузок на основе структурного, кинематического и динамического анализа, составлять описание принципов действия и устройства, проектируемых объектов, изделий, их систем, узлов, механизмов и элементов с обоснованием принятых технических решений, участвовать в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий с использованием стандартных средств автоматизации проектирования</p>	<p>знать: устройство и принципы действия газотурбинных двигателей различных типов и схем;</p> <p>уметь: формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок;</p> <p>владеть: навыками компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок.</p>	<p>Тема 1. Общие вопросы.</p> <p>Тема 2. Термогазодинамический расчет рабочего процесса ГТД.</p> <p>Тема 7. Термодинамические основы управления ГТД.</p> <p>Тема 12. Неустановившиеся режимы работы ГТД.</p>	<p>Лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа.</p>	<p>Устный опрос, тестирование, решение типовых практических задач.</p>

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПРИМЕРЫ ТЕСТА

Тест 1

1.	По какой формуле можно определить полное давление атмосферного воздуха?
а	$p_H^* = p_H \cdot \pi_V = p_H \cdot \left(1 + \frac{k-1}{2} \cdot M_{\pi}^2\right)^{\frac{k}{k-1}}$
б	$p_H^* = p_H \cdot \pi_V = p_H \cdot \left(1 - \frac{k-1}{2} \cdot M_{\pi}^2\right)^{\frac{k-1}{k}}$
в	$p_H^* = p_H \cdot \pi_V = p_H \cdot \left(1 - \frac{k-1}{2} \cdot M_{\pi}\right)^{\frac{k}{k-1}}$
г	$p_H^* = p_H \cdot \pi_V = p_H \cdot \left(1 + \frac{k+1}{2} \cdot M_{\pi}^2\right)^{\frac{k}{k+1}}$

2.	По какой формуле можно определить коэффициент расхода?
а	$\varphi = \frac{F_{BX}}{F_H}$
б	$\varphi = \frac{F_B}{F_{RX}}$
в	$\varphi = \frac{F_H}{F_{RX}}$
г	$\varphi = \frac{F_{BX}}{F_R}$

3.	По какой формуле можно определить скоростной напор набегающего потока?
а	$q_H = p_H^* - p_H = \frac{k}{2} \cdot p_H \cdot M_{\pi}^2$
б	$q_H = p_H^* - p_H = \frac{2}{k} \cdot p_H \cdot M_{\pi}$
в	$q_H = p_H^* - p_H = \frac{2}{k} \cdot p_H \cdot M_{\pi}^2$
г	$q_H = p_H^* - p_H = \frac{k}{2} \cdot p_H \cdot M_{\pi}$

4. По какой формуле можно определить действительную степень повышения давления во входном устройстве?	
а	$\pi_{\text{вУ}} = \pi_V \cdot \sigma_{\text{вХ}} \cdot p_H^*$
б	$\pi_{\text{вУ}} = \pi_V \cdot \sigma_{\text{вХ}}$
в	$\pi_{\text{вУ}} = \pi_V \cdot p_H^*$
г	$\pi_{\text{вУ}} = \sigma_{\text{вХ}} \cdot p_H^*$

5. Какой зависимостью связаны политропический КПД с изоэнтропическим?	
а	$\eta_K^* = \frac{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k \cdot \eta_{\text{п.к}}^* - 1} \right)}{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k - 1} \right)}$
б	$\eta_K^* = \frac{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k - 1} \right)}{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k \cdot \eta_{\text{п.к}}^* - 1} \right)}$
в	$\eta_{\text{п.к}}^* = \frac{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k \cdot \eta_K^* - 1} \right)}{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k - 1} \right)}$
г	$\eta_{\text{п.к}}^* = \frac{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k - 1} \right)}{\left(\frac{k-1}{\pi_K^* \cdot k \cdot \eta_K^* - 1} \right)}$

6. По какой формуле можно определить мощность компрессора?	
а	$N_K = G_B \cdot L_K$
б	$N_K = \frac{G_B}{L_K}$
в	$N_K = \frac{L_K}{G_B}$

7. По какой формуле определяется относительный расход топлива?	
а	$q_m = \frac{G_m}{G_{ккс}} = \frac{1}{\alpha \cdot L_0}$
б	$q_m = \frac{G_m}{G_{ккс}} = \alpha \cdot L_0$
в	$q_m = \frac{G_m}{G_{ккс}} = \frac{\alpha}{L_0}$
г	$q_m = \frac{G_m}{G_{ккс}} = \frac{L_0}{\alpha}$

8. По какой формуле можно определить полную температуру на выходе из турбины?	
а	$T_T^* = T_\Gamma^* + \frac{L_T}{c_{p\Gamma}}$
б	$T_T^* = T_\Gamma^* - \frac{L_T}{c_{p\Gamma}}$
в	$T_T^* = T_\Gamma^* - \frac{c_{p\Gamma}}{L_T}$
г	$T_T^* = T_\Gamma^* - L_T \cdot c_{p\Gamma}$

9. По какой формуле можно определить удельный расход топлива?	
а	$C_{уд} = G_{т.ч} \cdot P$
б	$C_{уд} = \frac{1}{G_{т.ч} \cdot P}$
в	$C_{уд} = \frac{P}{G_{т.ч}}$
г	$C_{уд} = \frac{G_{т.ч}}{P}$

10. По какой формуле можно определить удельную тягу?	
а	$P_{уд} = P \cdot G_B$
б	$P_{уд} = \frac{P}{G_B}$

в	$P_{уд} = \frac{G_B}{P}$
---	--------------------------

Правильные ответы: 1-а ;2-в; 3-а; 4-б; 5-б; 6-а; 7-а; 8-б; 9-г; 10-б.

Тест 2

1. Укажите верный вариант уравнения совместной работы входного устройства и вентилятора	
а	$\varphi \cdot q(\lambda_{п}) = \sigma_{вх} \cdot \bar{F}_B \cdot q(\lambda_B).$
б	$\varphi \cdot q(\lambda_B) = \sigma_{вх} \cdot \bar{F}_H$
в	$\varphi \cdot q(\lambda_{п}) = \sigma_{вх} \cdot \bar{F}_B.$
г	$\varphi \cdot q(\lambda_B) = \sigma_{вх} \cdot \bar{F}_B \cdot q(\lambda_{п}).$

2. Укажите верный вариант уравнения совместной работы турбины НД и сопла внутреннего контура	
а	$\pi_{тнд}^* \cdot \sqrt{1 + l_{тнд}} = q(\lambda_{\Gamma}) \frac{F_{с.кп1}}{F_{са.нд}}$
б	$\pi_{тнд}^* \cdot \sqrt{1 - l_{тнд}} = q(\lambda_{с.кп1})$
в	$\pi_{тнд}^* \cdot \sqrt{1 - l_{тнд}} = q(\lambda_{с.кп1}) \frac{F_{с.кп1}}{F_{са.нд}}$
г	$\pi_{тнд}^* \cdot \sqrt{1 + l_{тнд}} = q(\lambda_{\Gamma})$

3. Укажите верный вариант уравнения совместной работы компрессора ВД и камеры сгорания	
а	$q(\lambda_{ВД}) = q(\lambda_{КС}) \cdot \frac{\pi_{квд}^*}{\sqrt{1+l_{квд}}} \cdot \frac{F_K}{F_{ВД}}$
б	$q(\lambda_{ВД}) = q(\lambda_K) \cdot \frac{F_K}{F_{ВД}} \cdot \frac{1}{v_{(ВД-К)}}$
в	$q(\lambda_{ВД}) = q(\lambda_K) \cdot \frac{\pi_{квд}^*}{\sqrt{1+l_{квд}}} \cdot \frac{F_K}{F_{ВД}} \cdot \frac{1}{v_{(ВД-К)}}$

г	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = q(\lambda_{\text{КС}}) \cdot \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{1 + l_{\text{квд}}}} \cdot \frac{1}{v_{(\text{ВВД-К})}}$
---	--

4. Укажите верный вариант уравнения местной работы компрессора ВД, КС и турбины ВД	
а	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{T_{\Gamma}^*/T_{\text{ВВД}}^*}} \cdot A$
б	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{кнд}}^*}{\sqrt{T_{\Gamma}^*/T_{\text{ВВД}}^*}}$
в	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{кнд}}^*}{\sqrt{T_{\text{Гнд}}^*/T_{\text{квд}}^*}} \cdot A$
г	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{T_{\text{Гнд}}^*/T_{\text{квд}}^*}}$

5. Укажите верный вариант уравнения баланса мощности турбины и компрессора ВД	
а	$N_{\text{квд}} - N_{\text{отб}} = N_{\text{твд}} \cdot \eta_{\text{т.вд}}$
б	$N_{\text{квд}} + N_{\text{отб}} = N_{\text{твд}} \cdot \eta_{\text{т.вд}}$
в	$N_{\text{квд}} - N_{\text{отб}} = N_{\text{твд}}$
г	$N_{\text{квд}} + N_{\text{отб}} = N_{\text{твд}}$

6. Укажите верный вариант уравнения совместной работы узлов газогенератора	
а	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{l_{\text{квд}} \cdot q(\lambda_{\text{к}})}} \cdot A \cdot \sqrt{l_{\text{твд}} \cdot B_{\text{вд}}}$
б	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{l_{\text{квд}}}} \cdot \sqrt{l_{\text{твд}} \cdot B_{\text{вд}}}$
в	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{l_{\text{квд}} \cdot q(\lambda_{\text{п}})}} \cdot A \cdot \sqrt{l_{\text{твд}}}$
г	$q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{l_{\text{квд}}}} \cdot A \cdot \sqrt{l_{\text{твд}} \cdot B_{\text{вд}}}$

7. Укажите верный вариант уравнения совместной работы внутреннего и наружного контуров ТРДД	
а	$m = \frac{\mu_{сII} q (\lambda_{с.КРI}) \cdot F_{с.КРI}}{q (\lambda_{ГВД})} \cdot \sigma_I$
б	$m = \frac{\mu_{сII} q (\lambda_{с.КРII}) \cdot F_{с.КРII}}{q (\lambda_{ВВД}) \cdot F_{ВВД}} \cdot \sigma_{II}$
в	$m = \frac{\mu_{сII} q (\lambda_{с.КРI})}{q (\lambda_{ВВД}) \cdot F_{ВВД}} \cdot \sigma_I$
г	$m = \frac{\mu_{сII} q (\lambda_{КРII}) \cdot F_{КРII}}{q (\lambda_{ГВД}) \cdot F_{ВВД}} \cdot \sigma_{II}$

8. Укажите верный вариант уравнения уравнения баланса мощности вентилятора и турбины НД	
а	$\frac{l_{кнд}}{1+l_{кнд}} \cdot (1+m) = \frac{T_{Г}^*}{T_{ВВД}^*} \cdot (1-l_{твд}) \cdot l_{тнд} \cdot B_{нд}$
б	$\frac{l_{кнд}}{1+l_{кнд}} = \frac{T_{Г}^*}{T_{ВВД}^*} \cdot (1+l_{твд}) \cdot B_{нд}$
в	$\frac{l_{кнд}}{1+l_{кнд}} = \frac{T_{Г}^*}{T_{ВВД}^*} \cdot (1+l_{твд}) \cdot l_{тнд} \cdot B_{нд}$
г	$\frac{l_{кнд}}{1+l_{кнд}} \cdot (1-m) = \frac{T_{Г}^*}{T_{ВВД}^*} \cdot (1-l_{тнд}) \cdot l_{твд} \cdot B_{нд}$

9. Укажите верный вариант уравнения баланса давлений для внутреннего контура	
а	$P_{срI} = \frac{P_V \cdot \sigma_{вх} \cdot P_{кнд}^* \cdot P_{квд}^* \cdot \sigma_{кс}}{P_{тнд}^*}$
б	$P_{срI} = \frac{P_V \cdot \sigma_{вх} \cdot P_{кнд}^* \cdot P_{квд}^* \cdot \sigma_{кс}}{P_{твд}^*}$
в	$P_{срI} = \frac{P_V \cdot \sigma_{вх} \cdot P_{кнд}^* \cdot P_{твд}^* \cdot \sigma_{кс} \cdot \sigma_{II}}{P_{твд}^* \cdot P_{кнд}^*}$
г	$P_{срI} = \frac{P_V \cdot \sigma_{вх} \cdot P_{кнд}^* \cdot P_{квд}^* \cdot \sigma_{кс}}{P_{твд}^* \cdot P_{тнд}^*}$

10.	Укажите верный вариант уравнения баланса давлений для наружного контура
а	$\pi_{срII} = \pi_V \cdot \sigma_{вх} \cdot \sigma_{II}$
б	$\pi_{срI} = \pi_V \cdot \pi_{вI}^* \cdot \sigma_I$
в	$\pi_{срII} = \pi_V \cdot \sigma_{вх} \cdot \pi_{вII}^* \cdot \sigma_{II}$
г	$\pi_{срI} = \pi_V \cdot \sigma_{вх} \cdot \pi_{вI}^* \cdot \sigma_I$

Правильные ответы: 1-а ; 2-в; 3-в; 4-а; 5-б; 6-г; 7-б; 8-а; 9-г; 10-в.

Критерии оценки теста

Процедура тестирования реализуется путём раздачи обучающимся различных вариантов тестовых заданий, содержащих 10 вопросов. На прохождение теста обучающемуся даётся 10 минут.

Критерии оценки:

- от 0 до 5 правильных ответов – удовлетворительно;
- от 6 до 8 правильных ответов – хорошо;
- от 9 до 10 правильных ответов – отлично.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ УСТНОГО ОПРОСА

1. Определение термина «рабочее тело». Параметры состояния рабочего тела. Параметры, описывающие свойства рабочего тела.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Полные параметры рабочего тела. Физический смысл полных параметров рабочего тела.
4. Критические параметры рабочего тела. Физический смысл критических параметров рабочего тела.
5. Кинематические и динамические параметры потока рабочего тела.
6. Полный импульс потока рабочего тела.
7. Основные газодинамические функции и их смысл.
8. Первое и второе начало термодинамики.
9. Уравнение расхода. Уравнение неразрывности.
10. Теорема импульсов потока рабочего тела.
11. Рабочий процесс и основные узлы турбореактивного двигателя.
12. Основной принцип действия турбореактивного двигателя.
13. Схема двухвального ТРДДФ с обозначением основных узлов и характерных сечений проточной части.
14. Принцип действия ТВД.

15. Схема двухвального ТВД с обозначением основных узлов и характерных сечений проточной части.
16. Принцип действия ГТД СТ.
17. Схема ГТД СТ с двухвальным газогенератором и свободной турбиной с обозначением основных узлов и характерных сечений проточной части.
18. Классификация ГТД.
19. Области применения различных типов двигателей по скорости и высоте полета.
20. Параметры, характеризующие внешние условия.
21. Параметры режима работы и критерии эффективности входных устройств.
22. Алгоритм расчета рабочего процесса входного устройства.
23. Параметры режима работы и критерии эффективности воздушных компрессоров.
24. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса компрессора.
25. Параметры режима работы и критерии эффективности основных камер сгорания.
26. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса основной камеры сгорания.
27. Параметры режима работы и критерии эффективности газовых турбин.
28. Условие баланса мощности. Условие баланса давлений.
29. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса неохлаждаемой турбины.
30. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса охлаждаемой турбины.
31. Параметры режима работы и критерии эффективности выходных устройств.
32. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса выходного устройства.
33. Методика расчета расхода и полной температуры рабочего тела на выходе из камеры смешения.
34. Методика расчета полного давления рабочего тела на выходе из камеры смешения.
35. Определение понятия «тяга движителя».
36. Основные данные и удельные параметры ГТД.
37. С какой целью выполняется проектный термогазодинамический расчет ГТД?
38. Какие параметры являются исходными данными для проектного термогазодинамического расчета ГТД?
39. Какова последовательность термогазодинамического расчета?
40. Изобразите схему одновального ТРД и структуру модели его проектного расчета.
41. Перечислите исходные данные для проектного расчета одновального ТРД.
42. Изобразите схему двухвального ТРД и структуру модели его проектного расчета.
43. Перечислите исходные данные для проектного расчета двухвального ТРД.
44. Изобразите схему двухвального ТРДД и структуру модели его проектного расчета.
45. Перечислите исходные данные для проектного расчета двухвального ТРДД.
46. Изобразите схему двухвального ТРДДсм и структуру модели его проектного расчета.
47. Перечислите исходные данные для проектного расчета двухвального ТРДДсм.
48. Изобразите схему одновального ТРДФ и структуру модели его проектного расчета.

49. Перечислите исходные данные для проектного расчета одновального ТРДФ.
50. Изобразите схему двухвального ТРДДФ и структуру модели его проектного расчета.
51. Перечислите исходные данные для проектного расчета двухвального ТРДДФ.
52. Изобразите схему одновального ТВД и структуру модели его проектного расчета.
53. Перечислите исходные данные для проектного расчета одновального ТВД.
54. Изобразите i-s-диаграмму рабочего процесса основного контура ГТД. Перечислите процессы, из которых состоит цикл ГТД.
55. Объясните понятия «суммарная работа сжатия» и «суммарная работа расширения». Опишите связь между ними. Как отличаются рабочие процессы основного контура ТРД, ТРДД, ТВД и ГТД СТ?
56. Объясните физический смысл работы цикла ГТД. Чем отличается работа циклов ТРДД и ТВД от работы цикла ТРД?
57. Опишите понятия «суммарный КПД процесса сжатия» и «суммарный КПД процесса расширения».
58. Выведите формулу работы цикла, выраженную через параметры цикла. Различаются ли ТРД, ТРДД и ТВД по величине работы цикла?
59. Дайте определение понятию «эффективный КПД». Опишите связь между эффективным КПД, термическим КПД и коэффициентом гидравлических потерь в основном контуре двигателя.
60. Проанализируйте зависимость эффективного КПД от температуры газа перед турбиной.
61. Проанализируйте зависимость эффективного КПД от суммарной степени повышения давления.
62. Опишите понятие «движитель».
63. Опишите преобразование избыточной работы турбины ГТД в движителе.
64. Объясните, почему силовые установки с ТРД и ТВД можно рассматривать как частные случаи ТРДД.
65. Опишите понятие «коэффициент гидравлических потерь наружного контура ТРДД».
66. От каких факторов зависит коэффициент гидравлических потерь наружного контура ТРДД? Выведите соответствующую формулу.
67. Опишите понятие «полетный КПД».
68. Какие потери учитываются полетным КПД?
69. Дайте определение понятию «общий КПД». Опишите связь между общим КПД и удельным расходом топлива.
70. Опишите этапы преобразования располагаемой энергии топлива в работу передвижения летательного аппарата. Каковы особенности энергетического баланса трех основных типов ГТД?
71. Проанализируйте зависимости удельной тяги и удельного расхода топлива от температуры атмосферного воздуха.
72. Проанализируйте зависимость удельного расхода топлива от скорости полета.
73. Как оптимальные значения параметров движителя зависят от скорости полета?

74. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы входного устройства и вентилятора.
75. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы турбины НД и сопла внутреннего контура.
76. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы турбин ВД и НД.
77. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы камеры сгорания и турбины ВД.
78. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы компрессора ВД и камеры сгорания.
79. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы компрессора ВД, КС и турбины ВД.
80. Выведите и проанализируйте уравнение баланса мощности компрессора и турбины ВД.
81. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы узлов газогенератора.
82. Выведите и проанализируйте уравнение баланса мощности вентилятора и турбины НД.
83. Запишите все уравнения совместной работы узлов двухвального ТРДД с отдельным истечением потоков и без подпорных ступеней.
84. Докажите, что каждой рабочей точке на характеристике компрессора ВД соответствует определенная рабочая точка на характеристике компрессора НД двухвального ТРДД при сверхкритическом истечении газа из сопел.
85. Каковы особенности протекания линий совместной работы на характеристиках различных каскадов компрессора в системе многовального ГТД и чем они объясняются?
86. Что представляет собой запас устойчивой работы компрессора и от каких факторов он зависит?
87. Чем объясняется изменение скольжения роторов двухвального ТРД и как оно влияет на запасы устойчивой работы компрессора по сравнению с одновальным компрессором?
88. Какова основная особенность совместной работы узлов турбовентилятора ТРДД по сравнению с работой турбокомпрессора НД двухвального ТРД?
89. Эксплуатационные режимы работы двигателя. Как они устанавливаются и поддерживаются? Каковы цели управления двигателем?
90. Опишите понятия закон и программа управления двигателем, параметр регулирования, параметр режима, управляющий фактор.
91. Подобные режимы, формулы приведения и приведенные параметры. Каков физический смысл приведенных параметров для двигателя в целом и для различных его узлов? Каковы критерии подобия режимов работы двигателя?
92. Как зависят температура и давление рабочего тела в любом сечении двигателя, а также
93. Как тяга, удельный расход топлива и мощность на валу зависят от внешних атмосферных условий, если режимы работы двигателя подобны?
94. Что представляют собой обобщенные характеристики ТРДД с одним управляющим фактором?
95. Обобщенные характеристики: каковы особенности изменения параметров, характеризующих работу турбокомпрессора, по приведенной частоте вращения ротора?

96. Обобщенные характеристики: объясните характер изменения температуры газа перед турбиной, тяги, удельной тяги и удельного расхода топлива ТРДД по частоте вращения ротора.
97. Проанализируйте дроссельные характеристики ТРДД.
98. Климатические характеристики двигателя. Проанализируйте зависимость параметров ТРДД от давления атмосферного воздуха.
99. Климатические характеристики двигателя. Проанализируйте зависимость параметров ТРДД от температуры атмосферного воздуха.
100. Проанализируйте высотные характеристики ТРДД.
101. Проанализируйте скоростные характеристики ТРДД.
102. Каковы особенности обобщенных характеристик двухвального ТРД по сравнению с характеристиками одновального ТРД?
103. Каковы особенности обобщенных характеристик двухвального ТРДД по сравнению с характеристиками двухвального ТРД?
104. Каковы особенности совместной работы узлов ТРДДсм?
105. Особенности совместной работы турбины, форсажной камеры и сопла одновального ТРДФ (выведите и проанализируйте уравнение совместной работы этих узлов).
106. Что представляет собой эквивалентная площадь сопла и от каких факторов она зависит? Как эквивалентная площадь влияет на положение линии совместной работы на характеристике компрессора одновального ТРДФ (объясните физический смысл влияния)?
107. Отличаются ли (если да, то как) климатические и высотные характеристики турбореактивных двигателей с форсажными камерами на форсированных режимах от характеристик этих двигателей на нефорсированных режимах?
108. Объясните особенности скоростных характеристик турбореактивных двигателей на форсированных режимах по сравнению с характеристиками этих двигателей на нефорсированных режимах.
109. Какие законы управления газогенератора одновального ТРДФ получили распространение и почему?
110. Какие законы управления двухвального ТРДДФсм получили распространение и почему?
111. Особенности управления на пониженных режимах турбореактивных двигателей с форсажными камерами. Изобразите возможную программу управления и проанализируйте ее.
112. Особенности расчета характеристик турбореактивных двигателей с форсажными камерами.
113. Изобразите обобщенные характеристики ГТД СТ. Почему они отличаются от характеристик одновального ТВД?
114. Преимущества и недостатки одновального ТВД и ГТД СТ как силовых установок вертолета.
115. Особенности управления одновального ТВД.
116. Особенности управления ГТД СТ как силовой установки вертолета.
117. Особенности дроссельных характеристик одновального ТВД и ГТД СТ.

118. Климатические характеристики одновального ТВД (ГТД СТ); проанализируйте зависимость параметров от температуры наружного воздуха.
119. Особенности высотных характеристик турбовинтовых и турбовальных двигателей по сравнению с характеристиками турбореактивных двигателей.
120. Проанализируйте зависимость параметров одновального ТВД (ГТД СТ) от скорости полета. Особенности скоростных характеристик этих двигателей по сравнению с характеристиками турбореактивных двигателей.
121. Особенности расчета характеристик ТВД и ГТД СТ.
122. Что представляет собой уравнение движения ротора? Выведите и проанализируйте его.
123. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы узлов газогенератора на неустановившихся режимах.
124. Что представляют собой обобщенные динамические характеристики одновального ТРД? Изобразите и проанализируйте их.
125. На основе обобщенных характеристик изобразите изменение параметров одновального ТРД для различных линий совместной работы на характеристике компрессора.
126. Обоснуйте изменение параметров двигателя и линии совместной работы на режиме сброса. Изобразите их.
127. Что представляет собой обобщенная кривая разгона? Покажите, как ее можно получить на основании обобщенных динамических характеристик.
128. Выведите и проанализируйте формулу для приведенного времени приемистости. От каких факторов оно зависит?
129. Перечислите и обоснуйте основные пути улучшения приемистости.
130. Как можно изменить избыточную мощность турбины в процессе разгона и как это влияет на время приемистости?
131. Как высота полета влияет на приемистость двигателя? Как снижают время приемистости на больших высотах?

Критерии оценки для устного опроса

5 баллов («отлично») – Обучающийся смог показать прочные знания основных положений изученного материала, умение самостоятельно выполнять анализ, делать обоснованные выводы из результатов анализа.

4 балла («хорошо») – Обучающийся смог показать прочные знания основных положений изученного материала, умение самостоятельно применять подходы к решению поставленной задачи, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа.

3 балла («удовлетворительно») – Обучающийся смог показать знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение поставленной задачи, обучающийся знаком с рекомендованной справочной литературой.

2 балла («неудовлетворительно») – при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильный ответ на поставленный вопрос.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ДЛЯ КУРСОВЫХ РАБОТ

Тематика курсовой работы связана с решением задачи выбора рационального сочетания параметров рабочего процесса газотурбинного двигателя для летательного аппарата заданного назначения, то есть концептуального проектирования заданного двигателя.

Примерные темы курсовой работы:

«Концептуальное проектирование ТРДД для регионального пассажирского самолета»;

«Концептуальное проектирование ТРДДФ для сверхзвукового среднемагистрального пассажирского самолета»;

«Концептуальное проектирование ТВД для дозвукового транспортного самолета».

Примерная структура курсовой работы:

Введение.

- 1 Обзор существующих и разрабатываемых летательных аппаратов - аналогов.
- 2 Обзор существующих и перспективных ГТД для летательных аппаратов заданного назначения.
- 3 Варианты концепций реализации силовой установки летательного аппарата (варианты ГТД различных типов и схем для последующего исследования)
- 4 Компьютерные модели проектного расчета выбранных вариантов типов и схем ГТД с оценкой показателей системы
- 5 Выбор и обоснование исходных данных для модели проектируемого ГТД. Предварительные значения коэффициентов потерь в узлах.
- 6 Результаты исследования рациональных значений параметров рабочего процесса для выбранных вариантов типов и схем ГТД. Сравнительный анализ результатов
- 7 Результаты проектных термогазодинамических расчетов выбранных вариантов типов и схем ГТД.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложения.

Критерии оценки и процедура проведения защиты курсовой работы

К защите курсовой работы допускаются обучающиеся, выполнившие все разделы работы в соответствии с тематикой задания.

Шкала оценивания:

5 баллов («отлично») – Обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных проблемных ситуаций.

4 балла («хорошо») – Обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных проблемных ситуаций.

3 балла («удовлетворительно») – Обучающийся смог показать знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, Обучающийся знаком с рекомендованной справочной литературой;

2 балла («неудовлетворительно») – при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой.

ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

1. Какие модули содержит автоматизированная система АСТРА для построения виртуальной модели ГТД?
2. Массовым соотношением каких компонентов характеризуется состав газа?
3. Массовым соотношением каких компонентов характеризуется состав топлива?
4. Какие модули операций включает в себя автоматизированная система АСТРА?
5. С помощью какого метода осуществляется решение системы уравнений?
6. С помощью какого метода осуществляется оптимизация проектных переменных?
7. Функциональные возможности автоматизированной системы АСТРА?
8. Формулировка задачи для формирования модели двигателя.
9. Настройка модели на решение различных задач проектирования.
10. Объясните физический смысл работы цикла ГТД. Чем отличается работа циклов ТРДД и ТВД от работы цикла ТРД?
11. От каких параметров зависит работа цикла ГТД (вывод формулы)? Различаются ли ТРД, ТРДД и ТВД по величине работы цикла?
12. Как и почему работа цикла ГТД зависит от температуры газа перед турбиной? Объясните физический смысл минимальной температуры $T_{Г\min}^*$, от каких факторов она зависит и каким образом?
13. Как и почему работа цикла ГТД зависит от суммарной степени повышения давления рабочего тела?
14. Эффективный КПД ГТД. Чем он отличается от термического КПД, от каких параметров зависит и как?
15. Как и почему эффективный КПД ГТД зависит от температуры газа перед турбиной?
16. Как и почему эффективный КПД ГТД зависит от суммарной степени повышения давления рабочего тела?
17. Как образуется тяга (струйным и винтовым движителями), куда она приложена и как передается летательному аппарату?
18. Приведите формулу для работы цикла, из которой следует, что силовые установки с ТРД и ТВД можно рассматривать как частные случаи ТРДД.
19. Полетный КПД. Какие потери им учитываются, от каких факторов и как он зависит?
20. Дайте определение КПД движителя. Какова основная особенность движителя, взаимодействующего с воздушной средой (по сравнению с движителем наземного транспорта)?
21. От каких факторов и как зависит оптимальная степень двухконтурности?
22. Как и почему при одинаковой затрате энергии тяга ТРДД и ТВД отличается от тяги ТРД в условиях дозвуковой скорости полета?
23. Проанализируйте влияние распределения энергии между контурами (коэффициент χ) на удельную тягу ТРДД.
24. Какие параметры и как влияют на общий КПД и удельный расход топлива ГТД?
25. Каковы особенности изменения удельной тяги трех основных типов ГТД в зависимости от температуры газа перед турбиной?
26. Как удельный расход топлива трех основных типов ГТД зависит от температуры газа перед турбиной и почему?
27. Как удельная тяга трех основных типов ГТД зависит от суммарной степени повышения давления и почему?
28. Как удельный расход топлива трех основных типов ГТД зависит от суммарной степени повышения давления и почему?
29. Как удельный расход топлива ТРДД зависит от параметров движителя (m и χ) и почему?
30. Чем отличается расчет характеристик выполненного двигателя от проектного термогазодинамического расчета? Какие существуют методы расчета характеристик? Что общего в этих методах и в чем их различие?

31. Изложите первый вариант приближенного метода расчета характеристик одновального ТРД.
32. Изложите второй вариант приближенного метода расчета характеристик одновального ТРД.
33. Особенности расчета характеристик двухвальных ТРДД и ТРД. Составьте методику и изложите последовательность расчета характеристик двухвального ТРДД с отдельным истечением потоков.
34. Составьте методику и изложите последовательность расчета характеристик двухвального ТРДД со смешением потоков.
35. Какие методы анализа характеристик двигателя Вы знаете? Изложите их последовательность.
36. Дроссельные характеристики турбореактивного двигателя.
37. Климатические характеристики двигателя. Проанализируйте Б-методом зависимость параметров двухвального ТРДД от температуры наружного воздуха.
38. По какому закону нужно управлять турбореактивным двигателем, чтобы обеспечить заданную тягу на максимальном режиме?
39. Высотные характеристики турбореактивного двигателя.
40. Как зависят параметры турбореактивного двигателя от скорости полета при работе двигателя на постоянном режиме?
41. Как различаются скоростные характеристики двухвального ТРД(Д), управляемого по различным законам?
42. Какие термодинамические процессы происходят в узлах ТРД?
43. Каковы основные этапы преобразования энергии в ТРД?
44. Где и как теряется энергия в процессе ее преобразования в ТРД?
45. Как изменяются параметры потока в основных узлах ТРД (входное устройство, компрессор, камера сгорания, турбина, сопло)?
46. Чем отличаются реальные процессы в основных узлах двигателя от идеальных?
47. Что такое газодинамические функции (ГДФ) и как они могут быть использованы в расчетах?
48. Какова схема расчета параметров потока в характерных сечениях двигателя? Необходимые замеры в этих сечениях?
49. Как можно определить температуру газа перед турбиной?
50. В каком сечении рабочее тело имеет максимальный запас полной энергии?
51. В каком сечении поток имеет максимальную скорость движения?
52. Какие параметры газового потока могут быть измерены на стенде?
53. Какие приемники и датчики применяются при этих измерениях?
54. Что такое заторможенные и статические параметры?
55. Каковы правила техники безопасности при проведении испытаний двигателя на стенде?
56. Что представляет собой линия совместной работы и от каких факторов она зависит?
57. Как отличаются линии совместной работы, построенные по результатам испытания зимой и летом?
58. Что представляет собой линия совместной работы и от каких факторов она зависит?
59. Как отличаются линии совместной работы, построенные по результатам испытаний зимой и летом?
60. Сформулируйте, что представляют собой подобные режимы работы? На подобных режимах при изменении внешних условий какие параметры двигателя изменяются, а какие сохраняются неизменными?
61. Что представляют собой приведенные параметры? Можно ли их измерить? Как они ведут себя при изменении внешних условий, если режимы работы двигателя подобны?
62. Что представляют собой формулы приведения? Напишите их для температуры, давления газа, тяги и частоты вращения.

63. Какое влияние оказывает изменение площади сопла на совместную работу узлов, положение линии совместной работы и на обобщенные характеристики одновального ТРД?
64. Проанализируйте влияние площади соплового аппарата турбины НД в системе двухвального ТРД на положение линий совместной работы на характеристиках каскадов компрессора ВД и НД.
65. Особенности совместной работы узлов одновального ТВД с винтом изменяемого шага и ТВАД со свободной турбиной.
66. Проведите физический анализ влияния угла установки лопастей винта на запасы устойчивой работы компрессора и основные данные одновального ТВД при $n = \text{const}$.
67. Сравните одновальный ТВД с одновальным ТРД.
68. Сравните дроссельные характеристики одновального ТВД и ТВАД со свободной турбиной.
69. Расскажите об особенностях управления одновального ТВД.
70. Преимущества и недостатки одновального ТВД и ТВАД со свободной турбиной как силовых установок вертолета.
71. Особенности дроссельных характеристик одновального ТВД и ТВАД со свободной турбиной.

Критерии оценки практических заданий к лабораторным работам

5 баллов («отлично») – обучающийся показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области; отличается глубиной и полнотой раскрытия темы, владением терминологического аппарата, умением объяснять сущность явлений, процессов, событий; способен самостоятельно делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; наблюдается логичность и последовательность в ответах; обучающийся дает качественные и полные ответы на вопросы.

4 балла («хорошо») – обучающийся показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области; отличается глубиной и полнотой раскрытия темы, владением терминологического аппарата, умением объяснять сущность явлений, процессов, событий; способен самостоятельно делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; наблюдается логичность и последовательность в ответах. Однако допускается одна – две неточности в ответе.

3 балла («удовлетворительно») – обучающийся показывает основные знания процессов изучаемой предметной области, его ответ отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, слабо сформированы навыки анализа явлений, процессов; недостаточное умение давать аргументированные ответы и приводить примеры; слабо наблюдается логичность и последовательность в ответах. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

2 балла («неудовлетворительно») – обучающийся демонстрирует незнание процессов изучаемой предметной области, отличается неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.

ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

<p>федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»</p> <p>Институт двигателей и энергетических установок Кафедра теории двигателей летательных аппаратов</p>	<p>24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей</p> <p>Управление проектами и интегрированные информационные технологии в авиадвигателестроении</p> <p>Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок</p>
---	---

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Основы термо- и газодинамики: Типовые термодинамические процессы.
2. Проектный термогазодинамический расчет ГТД.
3. Эффективный КПД.

Составитель _____ к.т.н., доц. Ткаченко А.Ю.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., проф. Матвеев В.Н.

«__» _____ 20__ г

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

ОПК-1 Способен на научной основе организовать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеет навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований

Обучающийся знает: методы и средства решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей; критерии оценки эффективности газотурбинного двигателя заданного назначения.

1. С какой целью выполняется проектный термогазодинамический расчет ГТД?
2. Какие параметры являются исходными данными для проектного термогазодинамического расчета ГТД?
3. Какова последовательность термогазодинамического расчета?
4. Составьте алгоритм проектного термогазодинамического расчета одновального ТРД.
5. Составьте алгоритм проектного термогазодинамического расчета двухвального ТРД.
6. Составьте алгоритм проектного термогазодинамического расчета двухвального ТРДД.
7. Составьте алгоритм проектного термогазодинамического расчета двухвального ТРДДсм.
8. Составьте алгоритм проектного термогазодинамического расчета двухвального ТРДДФсм.
9. Составьте алгоритм проектного термогазодинамического расчета одновального ТВД.
10. Составьте алгоритм проектного термогазодинамического расчета ГТД СТ с одновальным газогенератором.
11. Изобразите схему одновального ТРД и структуру модели его проектного расчета.

12. Изобразите схему двухвального ТРД и структуру модели его проектного расчета.
13. Изобразите схему двухвального ТРДД и структуру модели его проектного расчета.
14. Изобразите схему двухвального ТРДДсм и структуру модели его проектного расчета.
15. Изобразите схему одновального ТРДФ и структуру модели его проектного расчета.
16. Изобразите схему двухвального ТРДФ и структуру модели его проектного расчета.
17. Изобразите схему одновального ТВД и структуру модели его проектного расчета.
18. Какие проблемы приходится решать при разработке нового двигателя?
19. По каким критериям должны выбираться параметры ГТД и почему? На какие группы делятся эти критерии? Охарактеризуйте их.
20. Перечислите летно-технические критерии оптимизации параметров ГТД и критерии оптимизации по массе, охарактеризуйте их.
21. Запишите и проанализируйте уравнение весового баланса самолета. Что представляет собой суммарная удельная масса топлива и двигателя? От каких факторов она зависит?
22. Перечислите энергетические и экономические критерии оптимизации параметров ГТД, охарактеризуйте их.
23. Из чего складывается стоимость жизненного цикла двигателя? Как ее рассчитать? Как определить себестоимость перевозки 1 т. км груза, а также приведенные затраты с учетом стоимости опытно-конструкторских работ?
24. Как изменились параметры рабочего процесса ТРД(Д) за 60 лет развития двигателей?
25. Как соотносятся параметры рабочего процесса ТРД(Д) на взлет-ном режиме ($H = 0$ км, $M_{п} = 0$, САУ) и на крейсерском режиме длительной работы ($H = 11$ км, $M_{п} = 0,8$) и почему?
26. Как отличаются удельные расходы топлива на взлетном режиме и на крейсерском режиме длительной работы ($H = 11$ км, $M_{п} = 0,8$) для ТРД, ТРДД и ТВВД? Объясните такое отличие.
27. Как и почему оптимальные параметры ГТД (и соответственно области наивыгоднейших параметров) зависят от критериев эффективности самолета?
28. Как и почему оптимальные параметры ГТД (и соответственно области наивыгоднейших параметров) зависят от температуры газа перед турбиной и дальности полета?
29. Перечислите и кратко охарактеризуйте этапы разработки (создания) двигателя.
30. Что представляет собой завязка самолета и двигателя? Изложите последовательность завязки дозвукового транспортного самолета и двигателя при заданных коммерческой нагрузке и дальности полета.
31. Изложите методологию выбора параметров двигателя, предназначенного для дозвукового транспортного самолета, на начальном уровне проектирования.
32. Какие проблемы возникают на начальном уровне проектирования и каковы пути их решения?
33. Основная проблема современной авиации. Чем она вызвана и каковы пути ее решения?

ОПК-2 Способен выполнять анализ термодинамического цикла двигателей и энергетических установок

Обучающийся знает: закономерности изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы.

1. Изобразите i - s -диаграмму рабочего процесса основного контура ГТД. Перечислите процессы, из которых состоит цикл ГТД.

2. Объясните понятия «суммарная работа сжатия» и «суммарная работа расширения». Опишите связь между ними. Как отличаются рабочие процессы основного контура ТРД, ТРДД, ТВД и ГТД СТ?
3. Объясните физический смысл работы цикла ГТД. Чем отличается работа циклов ТРДД и ТВД от работы цикла ТРД?
4. Опишите понятия «суммарный КПД процесса сжатия» и «суммарный КПД процесса расширения».
5. Выведите формулу работы цикла, выраженную через параметры цикла. Различаются ли ТРД, ТРДД и ТВД по величине работы цикла?
6. Дайте определение понятию «эффективный КПД». Опишите связь между эффективным КПД, термическим КПД и коэффициентом гидравлических потерь в основном контуре двигателя.
7. Проанализируйте зависимость эффективного КПД от температуры газа перед турбиной.
8. Проанализируйте зависимость эффективного КПД от суммарной степени повышения давления.
9. Опишите понятие «движитель».
10. Опишите преобразование избыточной работы турбины ГТД в движителе.
11. Объясните, почему силовые установки с ТРД и ТВД можно рассматривать как частные случаи ТРДД.
12. Опишите понятие «коэффициент гидравлических потерь наружного контура ТРДД».
13. От каких факторов зависит коэффициент гидравлических потерь наружного контура ТРДД? Выведите соответствующую формулу.
14. Опишите понятие «полетный КПД».
15. Какие потери учитываются полетным КПД?
16. Дайте определение понятию «общий КПД». Опишите связь между общим КПД и удельным расходом топлива.
17. Опишите этапы преобразования располагаемой энергии топлива в работу передвижения летательного аппарата. Каковы особенности энергетического баланса трех основных типов ГТД?
18. Проанализируйте зависимости удельной тяги и удельного расхода топлива от температуры атмосферного воздуха.
19. Проанализируйте зависимость удельного расхода топлива от скорости полета.
20. Эксплуатационные режимы работы двигателя. Как они устанавливаются и поддерживаются? Каковы цели управления двигателем?
21. Опишите понятия закон и программа управления двигателем, параметр регулирования, параметр режима, управляющий фактор.
22. Подобные режимы, формулы приведения и приведенные параметры. Каков физический смысл приведенных параметров для двигателя в целом и для различных его узлов? Каковы критерии подобия режимов работы двигателя?
23. Как тяга, удельный расход топлива и мощность на валу зависят от внешних атмосферных условий, если режимы работы двигателя подобны?
24. Что представляют собой обобщенные характеристики ТРДД с одним управляющим фактором?

25. Обобщенные характеристики: каковы особенности изменения параметров, характеризующих работу турбокомпрессора, по приведенной частоте вращения ротора?
26. Обобщенные характеристики: объясните характер изменения температуры газа перед турбиной, тяги, удельной тяги и удельного расхода топлива ТРДД по частоте вращения ротора.
27. Режимы частичного подобия. Как зависят параметры, характеризующие работу воздухозаборника, компрессора, турбины, сопла и двигателя в целом, от числа M_p на режимах частичного подобия?
28. Проанализируйте дроссельные характеристики ТРДД.
29. Климатические характеристики двигателя. Проанализируйте зависимость параметров ТРДД от давления атмосферного воздуха.
30. Климатические характеристики двигателя. Проанализируйте зависимость параметров ТРДД от температуры атмосферного воздуха.
31. Проанализируйте высотные характеристики ТРДД.
32. Проанализируйте скоростные характеристики ТРДД.
33. Каковы особенности обобщенных характеристик двухвального ТРД по сравнению с характеристиками одновального ТРД?
34. Каковы особенности обобщенных характеристик двухвального ТРДД по сравнению с характеристиками двухвального ТРД?
35. Каковы особенности совместной работы узлов ТРДДсм?
36. Особенности совместной работы турбины, форсажной камеры и сопла одновального ТРДФ (выведите и проанализируйте уравнение совместной работы этих узлов).
37. Что представляет собой эквивалентная площадь сопла и от каких факторов она зависит? Как эквивалентная площадь влияет на положение линии совместной работы на характеристике компрессора одновального ТРДФ (объясните физический смысл влияния)?
38. Объясните особенности скоростных характеристик турбореактивных двигателей на форсированных режимах по сравнению с характеристиками этих двигателей на нефорсированных режимах.
39. Особенности дроссельных характеристик турбореактивных двигателей на форсированных режимах при дозвуковых и больших сверхзвуковых скоростях полета.
40. Какие законы управления газогенератора одновального ТРДФ получили распространение и почему?
41. Какие законы управления двухвального ТРДДФсм получили распространение и почему?
42. Особенности управления на пониженных режимах турбореактивных двигателей с форсажными камерами. Изобразите возможную программу управления и проанализируйте ее.
43. Особенности расчета характеристик турбореактивных двигателей с форсажными камерами.
44. Проведите физический анализ влияния угла установки лопастей винта на запасы устойчивой работы компрессора и основные данные одновального ТВД при $n = \text{const}$. Изобразите обобщенные характеристики одновального ТВД.

45. Изобразите обобщенные характеристики ГТД СТ. Почему они отличаются от характеристик одновального ТВД?
46. Преимущества и недостатки одновального ТВД и ГТД СТ как силовых установок вертолета.
47. Особенности управления одновального ТВД.
48. Особенности управления ГТД СТ как силовой установки вертолета.
49. Особенности дроссельных характеристик одновального ТВД и ГТД СТ.
50. Климатические характеристики одновального ТВД (ГТД СТ); проанализируйте зависимость параметров от температуры наружного воздуха.
51. Особенности высотных характеристик турбовинтовых и турбовальных двигателей по сравнению с характеристиками турбореактивных двигателей.
52. Проанализируйте зависимость параметров одновального ТВД (ГТД СТ) от скорости полета. Особенности скоростных характеристик этих двигателей по сравнению с характеристиками турбореактивных двигателей.
53. Особенности расчета характеристик ТВД и ГТД СТ.

ОПК-21 Способен проводить проектирование машин и механизмов с учетом статических и динамических нагрузок на основе структурного, кинематического и динамического анализа, составлять описание принципов действия и устройства, проектируемых объектов, изделий, их систем, узлов, механизмов и элементов с обоснованием принятых технических решений, участвовать в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий с использованием стандартных средств автоматизации проектирования

Обучающийся знает: устройство и принципы действия газотурбинных двигателей различных типов и схем.

1. Рабочий процесс и основные узлы турбореактивного двигателя.
2. Основной принцип действия турбореактивного двигателя.
3. Схема двухвального ТРДДФ с обозначением основных узлов и характерных сечений проточной части.
4. Принцип действия ТВД.
5. Схема двухвального ТВД с обозначением основных узлов и характерных сечений проточной части.
6. Принцип действия ГТД СТ.
7. Схема ГТД СТ с двухвальным газогенератором и свободной турбиной с обозначением основных узлов и характерных сечений проточной части.
8. Классификация ГТД.
9. Области применения различных типов двигателей по скорости и высоте полета.
10. Параметры, характеризующие внешние условия.
11. Параметры режима работы и критерии эффективности входных устройств.
12. Алгоритм расчета рабочего процесса входного устройства.
13. Параметры режима работы и критерии эффективности воздушных компрессоров.
14. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса компрессора.
15. Параметры режима работы и критерии эффективности основных камер сгорания.
16. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса основной камеры сгорания.
17. Параметры режима работы и критерии эффективности газовых турбин.
18. Условие баланса мощности. Условие баланса давлений.

19. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса неохлаждаемой турбины.
20. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса охлаждаемой турбины.
21. Параметры режима работы и критерии эффективности выходных устройств.
22. Расчетная схема и алгоритм расчета рабочего процесса выходного устройства.
23. Методика расчета расхода и полной температуры рабочего тела на выходе из камеры смешения.
24. Методика расчета полного давления рабочего тела на выходе из камеры смешения.
25. Определение понятию «тяга движителя».
26. Основные данные и удельные параметры ГТД.
27. Что представляет собой уравнение движения ротора? Выведите и проанализируйте его.
28. Выведите и проанализируйте уравнение совместной работы узлов газогенератора на неустановившихся режимах.
29. Что представляют собой обобщенные динамические характеристики одновального ТРД? Изобразите и проанализируйте их.
30. На основе обобщенных характеристик изобразите изменение параметров одновального ТРД для различных линий совместной работы на характеристике компрессора.
31. Обоснуйте изменение параметров двигателя и линии совместной работы на режиме сброса. Изобразите их.
32. Что представляет собой обобщенная кривая разгона? Покажите, как ее можно получить на основании обобщенных динамических характеристик.
33. Выведите и проанализируйте формулу для приведенного времени приемистости. От каких факторов оно зависит?
34. Перечислите и обоснуйте основные пути улучшения приемистости.
35. Как можно изменить избыточную мощность турбины в процессе разгона и как это влияет на время приемистости?
36. Докажите, каким должен быть оптимальный закон регулирования расхода топлива для обеспечения минимального времени приемистости.
37. Как высота полета влияет на приемистость двигателя? Как снижают время приемистости на больших высотах?

ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ОПК-1 Способен на научной основе организовать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеет навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований

Обучающийся умеет: самостоятельно формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя в зависимости от его назначения и условий эксплуатации; обосновывать принятое решение о выборе рационального варианта сочетания параметров рабочего процесса ГТД.

Задание №1. Что представляет собой абсолютно минимальный расход топлива $C_{уд \min \text{ абс}}$? Чему он равен в условиях $H = 11$ км, $M_{II} = 0,8$? От чего зависит величина $C_{уд \min \text{ абс}}$ и каким параметрам рабочего процесса соответствует?

Обучающийся владеет: навыками составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей.

Задание №1. Определить удельный расход топлива ТРД при условии полного расширения газа в канале сопла, если при скорости полета $V_{\Pi} = 600$ км/ч степень понижения давления газа $\pi_{с.р} = 3,5$, полная температура рабочего тела перед турбиной $T_{Г}^* = 1400$ К, за турбиной $T_{Т}^* = 1050$ К, за компрессором $T_{К}^* = 780$ К. Принять $\varphi_{с} = 0,98$, $\eta_{Г} = 0,98$, $\bar{G}_{охл.т} = 0,03$, $c_{p_{к.с}} = 1260$ Дж/(кг · К).

ОПК-2 Способен выполнять анализ термодинамического цикла двигателей и энергетических установок

Обучающийся умеет: выполнять качественный анализ влияния различных факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД

Задание №1. Прodelайте сравнительный анализ дроссельных характеристик двухвальных ТРДД и ТРДДсм и запасов газодинамической устойчивости их компрессоров.

Обучающийся владеет: навыками составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок.

Задание №1. Составьте методику и изложите последовательность расчета характеристик двухвального ТРДД со смещением потоков.

ОПК-21 Способен проводить проектирование машин и механизмов с учетом статических и динамических нагрузок на основе структурного, кинематического и динамического анализа, составлять описание принципов действия и устройства, проектируемых объектов, изделий, их систем, узлов, механизмов и элементов с обоснованием принятых технических решений, участвовать в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий с использованием стандартных средств автоматизации проектирования

Обучающийся умеет: формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок

Задание №1. Сформируйте компьютерную модель расчета дроссельных характеристик двухвального ТРДД.

Обучающийся владеет: навыками компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок.

Задание №1. На основе компьютерной модели проектного расчета двухвального ТРДД сформируйте компьютерную модель оптимизации параметров рабочего процесса по критерию суммарной массы силовой установки и топлива.

3. ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Шкала и критерии оценивания сформированности компетенций

Планируемые образовательные результаты	Критерии оценивания результатов обучения, баллы				
	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
ОПК-1 Способен на научной основе организовать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеет навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований					
ЗНАТЬ: <i>методы и средства решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей; критерии оценки эффективности газотурбинного двигателя заданного назначения</i>	Отсутствие знаний о методах и средствах решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса, критериях оценки эффективности газотурбинных двигателей	Фрагментарные знания о методах и средствах решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса, критериях оценки эффективности газотурбинных двигателей	Общие, но не структурированные знания о методах и средствах решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса, критериях оценки эффективности газотурбинных двигателей	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о методах и средствах решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса, критериях оценки эффективности газотурбинных двигателей	Сформированные систематические знания о методах и средствах решения задач термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса, критериях оценки эффективности газотурбинных двигателей
УМЕТЬ: <i>самостоятельно формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя в зависимости от его назначения и условий эксплуатации; обосновывать принятое решение о выборе рационального варианта сочетания параметров рабочего процесса ГТД</i>	Отсутствие умений формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя	Частично освоенное умение формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя	Сформированное умение формулировать постановку задачи оптимизации термодинамического цикла газотурбинного двигателя
ВЛАДЕТЬ: <i>навыками составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей</i>	Отсутствие навыков составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей.	Фрагментарное применение навыков составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей	Успешное и систематическое применение навыков составления методик термогазодинамического расчета и анализа рабочего процесса газотурбинных двигателей

ОПК-2 Способен выполнять анализ термодинамического цикла двигателей и энергетических установок					
<i>ЗНАТЬ: закономерности изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы</i>	Отсутствие знаний закономерностей изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы	Фрагментарные знания закономерностей изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы	Общие, но не структурированные знания закономерностей изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания закономерностей изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы	Сформированные систематические знания закономерностей изменения параметров газотурбинных двигателей в зависимости от условий применения газотурбинных двигателей и режимов его работы
<i>УМЕТЬ: выполнять качественный анализ влияния различных факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД</i>	Отсутствие умений выполнять качественный анализ влияния различных факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД	Частично освоенное умение выполнять качественный анализ влияния различных факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение выполнять качественный анализ влияния различных факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выполнять качественный анализ влияния различных факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД	Сформированное умение выполнять качественный анализ влияния различных факторов на удельные параметры проектируемого двигателя и эксплуатационные характеристики выполненного ГТД
<i>ВЛАДЕТЬ: навыками составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок</i>	Отсутствие навыков составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок	Фрагментарное применение навыков составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок	В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок	Успешное и систематическое применение навыков составления методик анализа термодинамического цикла, совместной работы узлов и эксплуатационных характеристик авиационных двигателей и энергетических установок

ОПК-21 Способен проводить проектирование машин и механизмов с учетом статических и динамических нагрузок на основе структурного, кинематического и динамического анализа, составлять описание принципов действия и устройства, проектируемых объектов, изделий, их систем, узлов, механизмов и элементов с обоснованием принятых технических решений, участвовать в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий с использованием стандартных средств автоматизации проектирования					
ЗНАТЬ: <i>устройство и принципы действия газотурбинных двигателей различных типов и схем</i>	Отсутствие знаний устройства и принципов действия газотурбинных двигателей различных типов и схем	Фрагментарные знания устройства и принципов действия газотурбинных двигателей различных типов и схем	Общие, но не структурированные знания устройства и принципов действия газотурбинных двигателей различных типов и схем	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания устройства и принципов действия газотурбинных двигателей различных типов и схем	Сформированные систематические знания устройства и принципов действия газотурбинных двигателей различных типов и схем
УМЕТЬ: <i>формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок</i>	Отсутствие умений формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок	Частично освоенное умение формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок	Сформированное умение формировать математические модели расчета рабочего процесса авиационных двигателей и энергетических установок
ВЛАДЕТЬ: <i>навыками компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок</i>	Отсутствие навыков использования методов компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок	Фрагментарное применение навыков использования методов компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок	В целом успешное, но не систематическое применение навыков использования методов компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков использования методов компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок	Успешное и систематическое применение навыков использования методов компьютерного моделирования рабочего процесса ГТД для решения задач концептуального проектирования авиационных двигателей и энергетических установок

Критерии оценки и процедура проведения промежуточной аттестации

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие весь объем лабораторных и практических работ, а также прошедшие защиту курсовой работы.

Процедура промежуточной аттестации предполагает экзамен.

Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения представлены в карте компетенций.

Шкала оценивания:

5 баллов («отлично») – Обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические

задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных проблемных ситуаций.

4 балла («хорошо») – Обучающийся смог показать прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных проблемных ситуаций.

3 балла («удовлетворительно») – Обучающийся смог показать знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, Обучающийся знаком с рекомендованной справочной литературой;

2 балла («неудовлетворительно») – при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой.

ФОС обсуждён на заседании кафедры теории двигателей летательных аппаратов

Протокол № 7А от «30» марта 2018 г.

Заведующий кафедрой теории
двигателей летательных аппаратов
д.т.н., профессор

/Матвеев В.Н./

«30» марта 2018 г.