

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Контрольные вопросы по курсу
«Совместная работа узлов и характеристики ГТД»**

САМАРА 2011

Контрольные вопросы по главе 10.

1. Докажите, от каких факторов зависит коэффициент расхода дозвукового воздухозаборника.
2. Докажите, какие факторы влияют на положение рабочей точки на характеристике сверхзвукового воздухозаборника. В чем физический смысл влияния этих факторов?
3. Докажите, в чем заключается принципиальное отличие совместной работы дозвукового воздухозаборника и компрессора от совместной работы сверхзвукового воздухозаборника и компрессора.
4. От чего зависит степень понижения давления в турбине ГТД, выполненного с неизменными проходными сечениями? Каков физический смысл влияния этих факторов?
5. Докажите, как определяется степень понижения давления в турбине проектируемого и выполненного ТРДД? В чем заключается различие?
6. Объясните физический смысл влияния регулирования минимального сечения сопла и минимального сечения соплового аппарата турбины на степень понижения давления в турбине.
7. Докажите, от каких факторов зависит приведенная скорость на входе в камеру сгорания λ_k ? В чем физический смысл влияния этих факторов?
8. Выведите и проанализируйте уравнение для линии постоянной пропускной способности $\lambda_k = \text{const}$. Как положение этой линии зависит от пропускной способности сети, на которую работает компрессор?
9. Какие ограничения на положение рабочей точки на характеристике компрессора ВД накладывает уравнение неразрывности потока, проходящего через компрессор и турбину ВД?
10. Какие параметры связывает уравнение баланса мощности компрессора и турбины ВД? Проанализируйте эту связь.
11. Каким условиям должна удовлетворять совместная работа компрессора и турбины ВД? Сделайте вывод и краткий анализ уравнения совместной работы узлов газогенератора.
12. От каких факторов в общем случае зависит положение рабочей точки на характеристике компрессора ВД ГТД?
13. От каких факторов зависит степень двухконтурности ТРДД (выведите формулу для m и проанализируйте ее)?
14. Выведите уравнение баланса мощности компрессора и турбины НД двухвального ТРДД (без подпорных ступеней) и представьте его в трех видах. Проанализируйте это уравнение.

15. От каких факторов зависит положение рабочей точки на характеристике компрессора НД двухвального ТРДД (выведите уравнение неразрывности потока для сечений В, ВВД и С.КРП и проанализируйте его совместно с уравнением баланса мощности компрессора и турбины НД)?

16. Совместная работа всех узлов ГТД. (Какими уравнениями описывается совместная работа узлов двухвального ТРДД с отдельным истечением потоков?)

17. Сформулируйте основные выводы (резюме) по теме "Общий анализ уравнений совместной работы узлов выполненного ГТД".

Контрольные вопросы по главе 11.

1. Что представляет собой линия совместной работы? Покажите, чем определяется положение линии совместной работы на характеристике компрессора ВД многовального ГТД с одним управляющим фактором при $\lambda_{с.кр I} = \text{const}$.

2. 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.

3. Докажите, чем определяется положение линии совместной работы на характеристике компрессора НД двухвального ТРДД с одним управляющим фактором при $\lambda_{с.кр I} = \text{const}$ и $\lambda_{с.кр II} = \text{const}$.

4. Каковы особенности протекания линий совместной работы на характеристиках различных каскадов компрессора в системе многовального ГТД и чем они объясняются?

5. Что представляет собой запас устойчивой работы компрессора и от каких факторов он зависит?

6. Чем объясняется изменение скольжения роторов двухвального ТРД (многовального ГТД) и как оно влияет на запасы устойчивой работы компрессора (по сравнению с одновальным компрессором)?

7. Какова основная особенность совместной работы узлов турбовентилятора ТРДД по сравнению с работой турбокомпрессора НД двухвального ТРД?

8. Какие параметры определяются заданным положением рабочей точки на характеристике любого каскада компрессора при $M_{II} = \text{const}$?

9. 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?

10. Как зависят температура и давление рабочего тела в любом сечении двигателя, а также работа компрессора (турбины) и относительный расход топлива q_T от внешних атмосферных условий, если режимы работы двигателя подобны? В чем различие приведенных температур $T_{г.пр}^*$ и $T_{г.пр.ВД}^*$?

11. Как скорость потока в любом сечении двигателя, частота вращения ротора и удельная тяга зависят от внешних атмосферных условий на

подобных режимах? В чем различие приведенных частот вращения роторов $n_{ВД пр}$ и $n_{ВД пр. вВД}$?

12. Как расход воздуха (газа) через двигатель зависит от внешних атмосферных условий на подобных режимах? В чем различие приведенных расходов $G_{пр}$, $G_{пр. вВД}$, $G_{пр. в}$, $G_{пр. т}$?

13. Как расход топлива через двигатель зависит от внешних атмосферных условий на подобных режимах? В чем различие приведенных расходов $G_{т. пр}$, $G_{т. пр. вВД}$?

14. Как тяга, удельный расход топлива и мощность на валу зависят от внешних атмосферных условий, если режимы работы двигателя подобны?

15. Что представляют собой обобщенные характеристики ТРДД с одним управляющим фактором?

16. Изложите основные закономерности изменения параметров турбокомпрессора двухвального ТРДД с одним управляющим фактором при $\lambda_c \geq 1$.

17. Чем определяется положение рабочей точки на характеристиках компрессоров двухвального ТРДД с одним управляющим фактором при $\lambda_c \geq 1$? Каким параметром однозначно определяется изменение величин π_k^* , n , G_t/p_n^* и G_v/p_n^* при изменении внешних условий и $T_r^* = \text{const}$? Как изменятся π_k^* и G_v/p_n^* , если возрастет одна из величин (p_n , T_n , H , V_n), характеризующих внешние условия, при прочих постоянных условиях и $T_r^* = \text{const}$?

18. Обобщенные характеристики; каковы особенности изменения параметров, характеризующих работу компрессора, по приведенной частоте вращения ротора?

19. Обобщенные характеристики; объясните характер изменения температуры газа перед турбиной, тяги, удельной тяги и удельного расхода топлива ТРДД по частоте вращения ротора.

20. Режимы частичного подобия. Как зависят параметры, характеризующие работу воздухозаборника, компрессора, турбины, сопла и двигателя в целом, от числа M_n на режимах частичного подобия?

21.* Как и почему изменяются запасы устойчивой работы компрессора газогенератора (одновального ТРД) при увеличении степени повышения давления $\pi_{кВД0}^*$? Каковы пути решения проблемы обеспечения запасов устойчивой работы двигателя с высоким $\pi_{к\Sigma 0}^*$?

22. Каковы преимущества многовальных ТРДД (ТРД) по сравнению с одновальными и чем они объясняются?

23. Каковы особенности совместной работы узлов ТРДДсм и как они влияют на запасы устойчивой работы ΔK_y ?

24. Сформулируйте основные выводы (резюме) по теме "Основные закономерности совместной работы узлов ТРДД(Д)".

Контрольные вопросы по главе 12.

1. Эксплуатационные режимы работы двигателя. Как они устанавливаются и поддерживаются? Каковы цели управления двигателем?
2. Закон и программа управления двигателем. Какой закон управления целесообразно принять для турбореактивного двигателя с одним управляющим фактором?
3. Как нужно управлять ГТД, чтобы обеспечить заданное значение температуры T_g^* на данном режиме? Системы непосредственного и косвенного регулирования T_g^* . Законы регулирования расхода топлива.
4. Как изменяется температура газа перед турбиной при изменении T_n^* и управлении двухвального турбореактивного двигателя (или одновального ТРД) по закону $n_{ВД} = \text{const}$ на заданном режиме?
5. Как изменяется температура газа перед турбиной при изменении T_n^* и управлении двухвального ТРД и ТРДД по закону $n_{НД} = \text{const}$ на данном режиме?
6. 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?
7. Изложите первый вариант приближенного метода расчета характеристик одновального ТРД.
8. Изложите второй вариант приближенного метода расчета характеристик одновального ТРД.
9. Особенности расчета характеристик двухвальных ТРДД и ТРД. Составьте методику и изложите последовательность расчета характеристик двухвального ТРДД с раздельным истечением потоков.
10. Составьте методику и изложите последовательность расчета характеристик двухвального ТРДД со смешением потоков.
11. Как по обобщенным характеристикам двигателя рассчитать его высотно-скоростные характеристики?
12. Какие методы анализа характеристик двигателя Вы знаете? Изложите их последовательность.
13. Дроссельные характеристики турбореактивного двигателя.
14. Климатические характеристики двигателя. Как изменяются параметры ТРДД в зависимости от давления наружного контура при $n_{ВД} = \text{const}$?

15. Климатические характеристики двигателя. Проанализируйте А-методом зависимость параметров двухвального ТРДД от температуры наружного воздуха при $n_{ВД} (T_r^*) = \text{const}$.

16. Климатические характеристики двигателя. Проанализируйте Б-методом зависимость параметров двухвального ТРДД от температуры наружного воздуха при $n_{ВД} (T_r^*) = \text{const}$.

17. По какому закону нужно управлять турбореактивным двигателем, чтобы обеспечить заданную тягу на максимальном режиме при $H = 0$, $M_n = 0$ и различных температурах наружного воздуха?

18. Высотные характеристики турбореактивного двигателя.

19. Как зависят параметры турбореактивного двигателя от скорости полета при работе двигателя на постоянном режиме?

20. Особенности характеристик ТРДД по сравнению с характеристиками ТРД.

21. Сформулируйте основные выводы (резюме) по темам: "Термодинамические основы управления двигателя", "Методы расчета и анализа характеристик ГТД", "Анализ основных характеристик ТРД(Д)".

Контрольные вопросы по главе 13.

1. Какое влияние оказывает изменение площади сопла на совместную работу узлов, положение линии совместной работы и на обобщенные характеристики одновального ТРД, построенные по температуре $T_{г.пр}^*$?

2. Проанализируйте влияние площади сопла одновального ТРД на ΔK_y и $C_{уд}$ при условии $n = \text{const}$.

3. Каким образом можно обеспечить на одновальном ТРД с $F_{с.кр} = \text{var}$ заданное расположение линии совместной работы на характеристике компрессора? Как характер и потребный диапазон изменения площади $F_{с.кр} = (n_{пр})$ зависят от угла наклона линии совместной работы на характеристике компрессора?

4. Как скоростные характеристики и положение линии совместной работы на характеристике нерегулируемого компрессора одновального ТРД ($\pi_{к0}^* = 12$), управляемого по закону $T_{г}^* = \text{const}$, $n = \text{const}$, отличаются от скоростных характеристик и положения линии совместной работы на характеристике компрессора того же ТРД, управляемого по закону $n = \text{const}$ ($F_{с.кр} = \text{const}$)?

5. Как выбирается программа управления ТРД с $F_{с.кр} = \text{var}$ на режимах пониженной тяги? Какие существуют способы снижения тяги и как они влияют на параметры двигателя и удельный расход топлива?

6. Проанализируйте влияние площади $F_{с.а}$ на положение линии совместной работы и характеристики одновального ТРД.

7. Как регулировать площади $F_{с.кр}$ и $F_{с.а}$ одновального ТРД, чтобы обеспечить неизменное положение рабочей точки на характеристике компрессора: а) на постоянном режиме ($T_{г}^* = \text{const}$) при различных внешних условиях ($T_{н}^* = \text{var}$); б) на различных режимах ($T_{г}^* = \text{var}$) при неизменных внешних условиях ($T_{н}^* = \text{const}$)?

8. Как дроссельная характеристика одновального ТРД с регулируемой площадью сопла отличается от дроссельных характеристик одновального ТРД: а) с нерегулируемыми сечениями, б) с регулируемым соплом ($F_{с.кр}$) и турбиной ($F_{с.а}$)?

9. Каковы особенности и структурные схемы управления одновальных ТРД: а) при $F_{с.кр} = \text{var}$; б) при $F_{с.кр} = \text{var}$, $F_{с.а} = \text{var}$?

10. В чем преимущества одновального ТРД с $F_{с.кр} = \text{var}$ по сравнению с ТРД с нерегулируемыми сечениями? Каковы недостатки этого двигателя по сравнению с двигателем с тремя управляющими факторами ($F_{с.кр} = \text{var}$, $F_{с.а} = \text{var}$)?

11.* Какое влияние на положение линии совместной работы, запасы устойчивости ΔK_y и характеристики одновального ТРД при $n = \text{const}$ оказывает перепуск воздуха из средних ступеней компрессора в атмосферу (в зоне низких $n_{пр}$)?

12. Проанализируйте влияние площади сопла $F_{с.кр I}$ на совместную работу узлов и на характеристики двухвальных ТРДД и ТРД при $T^*_г = \text{const}$.

13. Каковы особенности влияния площади сопла наружного контура $F_{с.кр II}$ на совместную работу узлов и на характеристики двухвального ТРДД при $T^*_г = \text{const}$?

14. Проанализируйте влияние площади соплового аппарата $F_{с.авД}$ на совместную работу узлов и на характеристики двухвальных ТРДД и ТРД при $T^*_г = \text{const}$.

15. Какое влияние на запасы устойчивой работы компрессоров $\Delta K_{yВД}$ и $\Delta K_{yНД}$ и на характеристики двухвальных ТРДД и ТРД при $T^*_г = \text{const}$ оказывает изменение площади соплового аппарата $F_{с.аНД}$?

16. Составьте методику расчета характеристик одновального ТРД, если режим работы двигателя задан величинами: а) $T^*_г$ и n при $F_{с.кр} = \text{var}$; б) ΔK_y и $n_{пр}$ при $F_{с.кр} = \text{var}$; в) $T^*_г$, n и $\pi^*_к$ при $F_{с.кр} = \text{var}$, $F_{с.а} = \text{var}$.

17. Сформулируйте основные выводы (резюме) по теме "Особенности ТРД(Д) с изменяемыми площадями характерных сечений".

Контрольные вопросы по главе 14.

1. Особенности совместной работы узлов одновального ТВД с винтом изменяемого шага. Сравните с одновальным ТРД при $F_{с.кр} = \text{const}$ и при $F_{с.кр} = \text{var}$.

2. 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.

3. Особенности совместной работы узлов турбовального двигателя со свободной турбиной. (Сравните с одновальным ТВД и одновальным ТРД при $F_{с.кр} = \text{const}$.)

4. Изобразите обобщенные характеристики турбовального двигателя со свободной турбиной. Почему они отличаются от характеристик одновального ТВД?

5. Преимущества и недостатки одновального ТВД и ТВаД со свободной турбиной как силовых установок вертолета.

6. Особенности управления одновального ТВД.

7. Особенности управления турбовального двигателя со свободной турбиной как силовой установки вертолета.

8. Особенности дроссельных характеристик одновального ТВД и ТВаД со свободной турбиной.

9. Климатические характеристики одновального ТВД (ТВаД со свободной турбиной); проанализируйте зависимость параметров от температуры наружного воздуха.

10. Особенности высотных характеристик турбовинтовых и турбовальных двигателей по сравнению с характеристиками турбореактивных двигателей.

11. Проанализируйте зависимость параметров одновального ТВД (ТВаД со свободной турбиной) от скорости полета. Особенности скоростных характеристик этих двигателей по сравнению с характеристиками турбореактивных двигателей.

12. Особенности совместной работы турбины, форсажной камеры и сопла одновального ТРДФ (выведите и проанализируйте уравнение совместной работы этих узлов).

13. 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)?

14. Для одновального ТРДФ сравните зависимости P_{ϕ} , $C_{уд.\phi} = f(T_{\phi}^* / T_{\tau}^*)$ при $n = \text{const}$, $F_{\phi} = \text{const}$ и при $n = \text{const}$, $F_{с.кр} = \text{const}$. Объясните физический смысл теплового регулирования ТРДФ.

15. 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?

16. Объясните особенности скоростных характеристик турбореактивных двигателей на форсированных режимах по сравнению с характеристиками этих двигателей на нефорсированных режимах.

17. Особенности дроссельных характеристик турбореактивных двигателей на форсированных режимах при дозвуковых и больших сверхзвуковых скоростях полета. Как влияет m_0 на эти характеристики?

18. Изобразите и прокомментируйте структурные схемы управления турбореактивных двигателей с форсажными камерами. Как обеспечивается заданное значение T_{ϕ}^* (α_{Σ}) в различных условиях полета?

19. Какие законы управления газогенератора одновального ТРДФ получили распространение и почему?

20. Какие законы управления двухвального ТРДФсм получили распространение и почему?

21. Особенности управления на пониженных режимах турбореактивных двигателей с форсажными камерами. Изобразите возможную программу управления и проанализируйте ее.

22. Особенности расчета (анализа) характеристик ТВД и ТВад.

23. Особенности расчета (анализа) характеристик турбореактивных двигателей с форсажными камерами.

24. Сформулируйте основные выводы (резюме) по теме "Особенности ТВД, ТВад и ТРД(Д)Ф".