

**Вопросы для текущего контроля знаний студентов
по дисциплине
"Конструирование основных узлов и систем ракетных двигателей"**

Вопросы по лекции 1

1. Почему разработка ЖРД относится к разряду опытно-конструкторских работ (ОКР)?
 - в ЖРД много деталей;
 - процессы, происходящие в агрегатах двигателя, недостаточно изучены и требуется опытная проверка работоспособности;
 - проще провести опытную отработку, чем составлять математические модели;
 - недостаточно накоплено статистических материалов;
 - всё равно необходимо проведение лётных испытаний.

2. Какие работы включает функциональное проектирование ЖРД?
 - разработку чертежей деталей;
 - рациональное расположение агрегатов относительно друг друга;
 - разработку принципиальной и конструкторской схем двигателя;
 - создание виртуального макета двигателя;
 - расчет прочности элементов двигателя.

3. Какие факторы учитывает при оптимизации $I_{y\text{ пр}}$?
 - надёжность ДУ;
 - технологичность конструкции;
 - только экономичность работы двигателя;
 - экономичность и совершенство по массе;
 - безопасность эксплуатации.

4. На каком режиме работает двигатель наиболее продолжительное время?
 - на режиме максимальной тяги;
 - на основном режиме;
 - на предварительном режиме;
 - на режиме останова;
 - на конечном режиме.

5. Должны ли быть показаны на ПГС агрегаты, необходимые для запуска двигателя?
 - нет, на ПГС приведены только агрегаты, обеспечивающие основной режим;
 - нет, потому что они находятся вне двигателя;
 - да, потому что на ПГС должны быть приведены все агрегаты;
 - нет, потому что они должны быть описаны в описании ЖРД;

6. Какие факторы учитывает при оптимизации критерий $V_{\text{ид}}$?
 - надёжность ДУ;
 - технологичность конструкции;

- только экономичность работы двигателя;
- экономичность и совершенство по массе;
- безопасность эксплуатации.

7. На рис. 1в приведена ПГС ЖРД. Определить, этот ЖРД с дожиганием или нет и найти газогенератор ?

Ответ газогенератор обозначен № : 15, 18, 20, 11, 12.

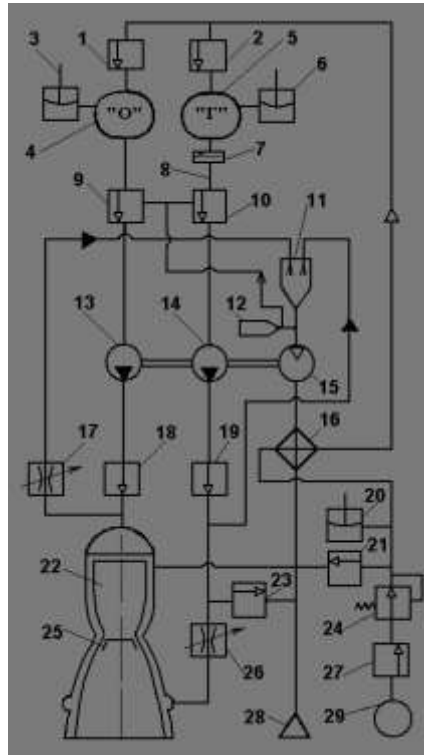


Рис. 1в.

8. Чем на схеме рис. 1в производится наддув баков?

- генераторным газом;
- охлаждённым генераторным газом;
- воздухом из баллон;
- подогретым воздухом из баллона;
- парами компонентов.

Вопросы к лекции 2

1. Как производится регулирование тяги ЖРД, изображённого на рис. 2.2?
 - при помощи регулятора 9;
 - путём изменения проходного сечения клапанов 7 и 18;
 - регулятором 4;
 - путём изменения давления наддува баков редуктором давления 1;
 - путём изменения проходного сечения клапанов 6 и 19.
2. Зачем производится измерение температуры клапана 6 термпарой 30?
 - чтобы не было заклинивания подвижной системы клапана;
 - чтобы знать температуру клапана (для телеметрии);
 - чтобы знать температуру жидкого кислорода;
 - чтобы определить конец процесса захолаживания клапана;
 - чтобы знать, не произошло ли охрупчивание материала клапана.
3. Зачем в ПГС предусмотрен теплообменник (испаритель) 17?
 - чтобы подогреть жидкий кислород;
 - чтобы охладить генераторный газ;
 - чтобы испарить жидкий кислород и охладить генераторный газ;
 - чтобы получить газообразный кислород.
4. Зачем в ПГС предусмотрен регулятор 9?
 - для изменения силы тяги;
 - для обеспечения одновременного опорожнения баков;
 - для управления вектором тяги;
 - для регулирования наддува баков;
 - для управления запуском двигателя.
5. Зачем в этом ЖРД имеется баллон 15 с триэтилалюминием?
 - для воспламенения компонентов в камере;
 - для интенсификации горения;
 - для управления клапанами;
 - для зажигания компонентов в газогенераторе;
 - для зажигания компонентов в камере и газогенераторе.
6. На рис.2.3 на оси абсцисс момент +7 означает?
 - закрытие клапана 7;
 - открытие клапана 7;
 - 7 секунд от начала запуска;
 - выход ЖРД на предварительный режим;
 - начало продувки магистралей.
7. Режим останова ЖРД начинается после закрытия клапана № ?
 - 18; - 19; - 7; - 6; - 23.
8. При срабатывании какого клапана начинается подача горючего в газогенератор?
 - 5; - 6; - 18; - 20; 23.

Вопросы к лекции 3

1. Почему во время запуска двигателя чаще, чем в других случаях возникают неустойчивые процессы?
 - потому что запуск происходит очень быстро;
 - потому что во время запуска задействовано много агрегатов;
 - потому что в агрегатах часто наблюдается нерасчетное соотношение компонентов и переменная температура;
 - потому что расходы компонентов переменны;
 - потому что процесс запуска сложен.
2. Почему запуск должен быть проведен за минимальное время?
 - все процессы в ЖРД должны проходить быстро;
 - этого требуют тактико-технические требования к ракете;
 - чтобы получить максимальное ускорение;
 - чтобы израсходовать минимальное количество топлива;
 - чтобы уменьшить массу ракеты.
3. Каким образом обычно достигается плавный запуск (кривая 3 на рис.2.4)?
 - использованием регулирующих устройств в магистралях подачи топлива в камеру;
 - путём плавного увеличения оборотов ТНА;
 - изменением давления наддува баков;
 - с помощью клапанов управления;
 - с помощью регулятора оборотов ТНА.
4. Зачем применяется опережение подачи одного компонента относительно другого?
 - для уменьшения заброса давления в камере;
 - для лучшего воспламенения компонентов;
 - для улучшения смесеобразования компонентов;
 - всё равно невозможно подать оба компонента одновременно;
 - этого требует система автоматики.
5. Зачем применяется ступенчатый запуск (кривая 4 на рис.2.4)?
 - для того, чтобы не было заброса давления в камере;
 - чтобы уменьшить инерционные силы в агрегатах двигателя;
 - двигатель больших размеров невозможно сразу запустить;
 - чтобы проверить произошло ли зажигание во всех камерах или двигателях при совместной работе;
 - чтобы компонент успел заполнить все полости в магистралях.
6. На рис.2.5б на графике показать в какой момент времени $\alpha_{ок}=1$?
 - левее отмеченного места;
 - правее отмеченного места;
 - при таком сочетании расхода O и Γ невозможно $\alpha_{ок}=1$.
7. Почему в восстановительном газогенераторе целесообразно делать опережение горючего?

- потому что горючего подаётся больше;
 - потому что при опережении окислителя в какой-то момент $\alpha_{ок}=1$;
 - потому что так легче обеспечить зажигание компонентов;
 - потому что выполнить опережение горючего проще;
 - потому что при таком опережении обеспечивается устойчивое горение.
8. Почему невозможно выполнить идеальный запуск (кривая 1 на рис.2.4)?
- в этом случае большие инерционные нагрузки;
 - нет возможности мгновенно открыть клапаны;
 - все процессы, включая горение, инерционны;
 - нет возможности обеспечить по всему объёму камеры;
 - нет возможности мгновенно подать компоненты в камеру.

Вопросы к лекции 4

1. Зачем необходим предварительный наддув топливных баков при запуске ЖРД?
 - для обеспечения устойчивости формы баков;
 - для проверки работоспособности системы наддува;
 - для обеспечения работы системы регулирования опорожнения баков;
 - для обеспечения бескавитационной работы насосов ТНА;
 - для проверки работы дренажных клапанов.
2. На рис.2.6 показана газобаллонная система наддува баков. Зачем установлены обратные клапаны 4 ?
 - для того, чтобы компоненты топлива поступали только в одном направлении;
 - чтобы не произошло смешение паров компонентов;
 - чтобы поддерживать необходимое давление в баках;
 - чтобы исключить попадания в баки посторонних частиц;
 - для возможности проводить проверку прочности баков опрессовкой.
3. Зачем необходима операция "захолаживание магистралей"?
 - чтобы обеспечить прочность деталей магистрали;
 - чтобы получить необходимое агрегатное состояние компонентов при запуске;
 - чтобы получить устойчивое горение в камере;
 - чтобы получить устойчивое горение в газогенераторе;
 - чтобы охлаждение магистрали было постепенным.
4. В чем основное преимущество зависимых (от двигателя) систем наддува баков?
 - они не требуют баллона с газом для наддува;
 - требуется меньше деталей арматуры;
 - такие системы наддува более дешёвы;
 - в таких системах не нужен редуктор давления газа;
 - в таких системах используется энергия топлива, что позволяет уменьшить массу системы.
5. В ЖРД J-2 (рис.2.7) наддув бака О производится гелием, поступающим через клапан 19 в теплообменник 18. Зачем производится подогрев гелия?
 - чтобы поднять давление гелия;
 - чтобы увеличить его удельный объём;
 - чтобы было меньше давление в баках;
 - чтобы не произошло снижение механических свойств материала трубопроводов;
 - чтобы уменьшить вязкость газа (гелия).
6. ЖРД J-2 без дожигания генераторного газа. Как используется генераторный газ после срабатывания на последней турбине (рис.2.7)?
 - поступает в утилизационное сопло;
 - поступает в коллектор 17 и охлаждающий тракт камеры;
 - поступает в коллектор 17 и в пристеночный слой камеры;

- поступает на наддув баков;
- выбрасывается в атмосферу через патрубок.

7. В ЖРД J-2 раскрутка турбин производится с помощью перезаряжаемого баллона 9 (несколько запусков) водородом. Перезарядка происходит при каждом запуске через клапан 10. Чему равно давление в баллоне в начале запуска?

- давлению в камере;
- давлению за водородным насосом;
- давлению на выходе из тракта охлаждения;
- давлению на входе в тракт охлаждения;
- среднему давлению в охлаждающем тракте.

8. В ЖРД J-2 отдельные ТНА – О и Г. В чём преимущество основное в данном случае такой схемы?

- упрощается управление двигателем;
- обеспечивается возможность получения различной частоты вращения насосов О и Г;
- уменьшается масса конструкции;
- не требуется сложное уплотнение между насосами О и Г;
- уменьшаются размеры турбины (меньше мощность).

Вопросы к лекции 5

1. Что может случиться, если не будет продувки магистрали запаздывающего компонента?

- не будет гарантировано обеспечено опережение заданного компонента;
- не будет зажигания в заданный момент;
- возможен большой заброс давления в камере при зажигании;
- возможно не произойдет воспламенение компонентов;
- опережающий компонент может через форсунки попасть в полости запаздывающего и воспламениться там.

2. Что может случиться, если перед подачей водорода не будет продута магистраль гелием?

- водород нагреется и станет газообразным;
- в водород попадут твёрдые частицы загрязнений;
- в жидком водороде замерзнут пары воды;
- произойдёт охрупчивание материала трубопровода;
- водород смешается с воздухом, находившемся в трубопроводе, и образует взрывоопасную смесь.

3. Зачем необходима раскрутка ротора ТНА при запуске?

- чтобы равномерно распределить смазку в опорах и уплотнениях;
- чтобы поднять давление перед форсунками камеры ЖРД;
- чтобы обеспечить быстрый запуск;
- чтобы получить заданное давление перед форсунками газогенератора;
- чтобы уменьшить время запуска.

4. Почему в ЖРД без дожигания для раскрутки ротора ТНА от порохового стартера используют основную турбину?

- это наиболее простое конструктивное решение;
- при этом уменьшается масса конструкции;
- потому что в ЖРД без дожигания турбина рассчитана на большие перепады давления, а отработанный газ выбрасывается в атмосферу;
- потому что двигатель работает короткое время;
- запуск необходимо провести быстро.

5. Почему необходима малая задержка воспламенения при запуске ЖРД?

- чтобы быстрее провести запуск;
- чтобы не произошло накопления топлива и большого заброса давления;
- чтобы было лучше воспламенение компонентов;
- чтобы за время запуска было израсходовано меньше топлива;
- чтобы не было неустойчивого горения.

6. Каким образом подаётся пусковое горючее в камеру на схеме рис.2.8 слева?

- вытесняется основным горючим;
- вытесняется газом;
- подаётся в камеру насосом;
- поступает самотёком;

- в ампуле должно быть повышенное давление.

7. Исходя из каких соображений, должна выбираться пороховая навеска при зажигании камеры пирозапалами?

- в зависимости от расхода топлива;
- в зависимости от объёма камеры сгорания;
- в зависимости от необходимого времени зажигания;
- в зависимости от массы конструкции камеры сгорания;
- в зависимости от начального расхода топлива и размеров камеры сгорания.

8. Почему при электроискровом зажигании часто необходима специальная воспламенительная камера?

- мощность электроискровой свечи недостаточна для прогрева большого объёма;
- компоненты топлива плохо воспламеняются;
- невозможно подать на свечу большой ток;
- необходимо много места для установки свечи;
- в большой камере свеча ненадёжно работает.

Вопросы к лекции 6

1. Зачем при однократном запуске ЖРД в космосе в сопле устанавливают герметичную заглушку?
2. Какими способами можно обеспечить прилив жидкого топлива к заборнику в баке при запуске в невесомости?
3. Почему необходимо иметь на последней ступени ракете-носителя возможно меньший импульс последствия тяги (ИПТ)?
4. Почему при выключении ЖРД средней и большой тяги в начале выключают газогенератор, а затем камеру?
5. Зачем перед выключением ЖРД последней ступени ракеты-носителя часто двигатель переводят на режим пониженной тяги?
6. Зачем часто на ЖРД ставят отсечной клапан окислителя непосредственно на головке камеры?
7. Зачем в ПГС ЖРД рис.2.13 установлен клапан 23?
8. В какой последовательности выключаются камера и газогенератор в ЖРД, ПГС которого представлена на рис.2.13 ?

Вопросы к лекции 7

1. В каких случаях срабатывает система аварийного выключения двигателя (АВД)?
2. Зачем применяется система программного изменения величины тяги?
3. Каким образом в основном изменяют тягу в ЖРД с насосной подачей топлива?
4. Зачем применяется система регулирования кажущейся скорости (РКС)?
5. Каким датчиком контролируется тяга двигателя в случае применения системы РКС?
6. Зачем в ракете применяется система СОБ?
7. Если при срабатывании дросселя СОБ 9 (рис.2.15), тяга двигателя уменьшится, каким образом произойдет восстановление величины тяги?
8. Если в результате работы РКС (регулятора 4 на рис.2.15), нарушится синхронное опорожнение баков, как работает система СОБ?

Вопросы к лекции 8

1. С какой целью совмещают различные агрегаты в одном корпусе?
2. От каких факторов зависит быстродействие клапана?
3. В чем заключаются преимущества и недостатки пироправляемых клапанов?
4. К какому классу клапанов относятся обратные клапаны, применяемые в ЖРД?
5. Как влияет на время срабатывания клапана мощность привода?
6. Какой привод может применяться в клапанах многократного действия?
- 7.. Исходя из каких соображений определяют площадь проходного сечения между тарелью и седлом в открытом клапане?
8. Найти все клапаны на макете ЖРД С5-2 и определить их тип

Вопросы к лекции 9

1. Характеристики какого элемента автоматического клапана рассчитываются при расчете усилий в клапане?
2. Каким образом определяется усилие, необходимое для герметизации клапана?
3. Каким образом обеспечивается герметичность в месте посадки тарели и седла?
4. Как влияет величина управляющего давления в клапане на его габариты и массу?
5. В чем трудность обеспечения работоспособности клапанов, работающих в магистрали криогенных компонентов?
6. Какая зависимость называется гидравлической характеристикой клапана?
7. Какие динамические нагрузки могут действовать на элементы клапана при работе?
8. Какие элементы клапана многократного срабатывания могут ограничивать число срабатываний?

Вопросы к лекции 10

1. В чем преимущества фланцевого соединения по сравнению с соединениями с накидной гайкой и при каких условиях они проявляются?
2. Почему в общем машиностроении в основном используют соединения с неконтактирующими фланцами?
3. Каким образом создается уплотняющее усилие на прокладке R_n (рис.3.6) в соединениях с контактирующими фланцами?
4. Почему при нагружении соединения внутренним давлением усилие сжатия прокладки, как правило, уменьшается?
5. Как следует понимать понятие "самоуплотнение" применительно к неподвижным соединениям?
6. Как происходит самоуплотнение при использовании резиновых прокладок (колец) круглого сечения?
7. Через какие элементы соединения замыкается усилие затяжки болтов при контактирующих фланцах?
8. В каком соединении (с неконтактирующими или контактирующими фланцами) релаксация напряжений в болтах будет сказываться на его герметичности?

Вопросы к лекции 11

1. Исходя из каких соображений, назначается усилие затяжки болтов?
2. Исходя из каких соображений, назначается число и диаметр болтов?
3. Какой вид деформации возникает в месте соединения фланца и втулки (трубы)?
4. В расчетной схеме рис.3.10 показать, какие волокна растягиваются и какие испытывают сжатие?
5. Почему рекомендуется иметь минимальный диаметр фланцевого соединения?
6. Почему для соединения с контактирующими фланцами можно принять, что по диаметру болтов фланец заделан?
7. Почему конструирование фланцевого соединения должно сопровождаться расчетами на прочность?
8. Почему фланцевые соединения необходимо изготавливать из пластичных материалов?

Вопросы к лекции 12

1. Какие факторы влияют на компоновку ЖРД?
2. На базе каких несущих элементов двигателя формируется компоновка ЖРД?
3. В каких случаях следует учитывать влияние гироскопического момента ротора ТНА на компоновку двигателя?
4. Каким образом на схему компоновки ЖРД влияет геометрическая степень расширения сопла?
5. Почему ЖРД С5-2 имеет последовательную компоновку?
6. Какую роль играет газовод в обеспечении устойчивого процесса горения в камере?
7. Как можно оценить плотность компоновки двигателя?
8. Почему в ЖРД НК-33 ось ТНА наклонена по отношению оси камеры, в ЖРД НК-5 эти оси параллельны?

Вопросы к лекции 13

1. Почему длина многокамерного ЖРД меньше однокамерного при одинаковой степени расширения сопла?
2. Почему для управления вектором тяги широко применяют поворотные камеры (существуют и другие способы изменения вектора тяги)?
3. Какие преимущества и недостатки имеет подвод компонентов топлива к камере через сифоны?
4. Как необходимо располагать сифоны, чтобы их деформация была меньше при качании камеры?
5. Перечислите, какие функции могут выполнять сифоны в трубопроводной системе?
6. Какие меры необходимо предпринимать для снижения температурных напряжений в элементах двигателя?
7. Какие агрегаты являются основными источниками вибрации в ЖРД?
8. Как обеспечивается вибропрочность элементов двигателя?

Вопросы к лекции 14

1. Как можно объяснить меньшую стоимость разработки РДТТ по сравнению с ЖРД?
2. Чем отличается коэффициент массового совершенства α_k , используемый в РДТТ, от числа Циолковского μ ?
3. Почему работоспособность сопла РДТТ существенно меньше, чем ЖРД?
4. Почему в РДТТ нецелесообразно повышать давление в камере?
5. Что такое удельная прочность материала и как она влияет на эффективность РДТТ?
6. Можно ли применить приведённые выше рассуждения (формулу 7) к ЖРД с ВПТ?
7. Почему при большой величине полезного груза требования к массовому совершенству двигателя уменьшаются?
8. Почему современные ракеты с РДТТ по своим характеристикам не уступают ракетам с ЖРД на топливе АТ+НДМГ?

Вопросы к лекции 15

1. Назовите преимущества схемы РДТТ со скреплённым зарядом?
2. Какие ещё нагрузки в отличие от камеры ЖРД воспринимает корпус камеры РДТТ (то есть, кроме внутреннего давления и температуры)?
3. Каким образом добиваются снижения массы корпуса в РДТТ?
4. Какие напряжения (осевые или окружные) обычно являются опасными для корпусов РДТТ?
5. Почему приходится усиливать сварные кромки корпусов (рис.5.3)?
6. Какие композиционные материалы (КМ) в основном используются для изготовления корпусов РДТТ?
7. Какова оптимальная ориентация волокон в КМ при изготовлении обечаек корпусов РДТТ?
8. В чем основное преимущество корпусов РДТТ из КМ по сравнению с металлическими?

Вопросы к лекции 16

1. Почему при расчете на прочность корпусов РДТТ можно использовать безмоментную теорию оболочек?
2. Как влияет крепление РДТТ на величину осевой силы в стенке корпуса?
3. В каком случае осевая сила в корпусе больше: при последовательном или пакетном соединении РДТТ?
4. Как и когда влияет наличие заряда на величину осевой силы?
5. Какие напряжения осевые или окружные больше в цилиндрической оболочке?
6. В чем преимущества и недостатки сферического днища?
7. Как возникает тангенциальное усилие в месте стыка цилиндрической и сферической оболочки и как это место можно усилить?
8. Какие ещё формы днищ вы знаете и чем они характеризуются?

Вопросы к лекции 17

1. В чём преимущества и недостатки многосоплового блока РДТТ?
2. Какие нагрузки действуют на сопла РДТТ и чем ограничена продолжительность их работы?
3. Как обеспечивается теплозащита простых металлических сопел?
4. Как обеспечивается теплозащита сопел из композиционного материала?
5. В чем недостатки качающего сопла с о сферическим шарниром в критическом сечении (рис.5.7)?
6. Какие преимущества имеет конструкция сопла рис. 5.7 перед соплом рис.5.8?
7. Каким образом обеспечивается работоспособность сопел РДТТ при длительной работе (более 5сек.)?
8. Назовите тугоплавкие металлы, применяемые в соплах РДТТ и основные их недостатки?

Вопросы к лекции 18

1. В каких состояниях в зависимости от температуры могут находиться полимерные материалы?
2. Как рассматривают при расчете на прочность в эксплуатационном диапазоне температуры нитроцеллюлозное топливо?
3. Как рассматривают при расчете на прочность в эксплуатационном диапазоне температуры при кратковременном нагружении смесевое топливо?
4. Как рассматривают при расчете на прочность в эксплуатационном диапазоне температуры при длительном нагружении смесевое топливо?
5. Какой расчетный случай при расчете на прочность вкладного заряда из нитроцеллюлозного топлива необходимо проверять?
6. Объясните расчетную схему при расчете на прочность скреплённого заряда из смесевое топлива?
7. Назовите опасное место в цилиндрическом скреплённом заряде при нагружении внутренним давлением?
8. Назовите опасное место в скреплённом заряде при остывании заряда в процессе его изготовления?

