

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

В. А. Борисов

Конструирование основных узлов и систем двигательных установок

Электронное учебное пособие по курсовому проекту

САМАРА

2010

УДК 621.455.(075)

Автор: Борисов Валерий Александрович

Рецензенты: *Егорычев В.С.*

Иванов А.И.

В учебном пособии приведены методические материалы по дисциплине "Конструирование основных узлов и систем двигательных установок", необходимые при выполнении курсового проекта. Рассмотрены вопросы разработки пневмогидравлической схемы двигателя и конструирования камеры.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по магистерской программе "Энергетика, экология и двигательные установки ракетных и космических систем" по направлению 160700.68 "Двигатели летательных аппаратов" и изучающих дисциплину "Конструирование основных узлов и систем двигательных установок".

Разработано на кафедре КиПДЛА.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Содержание курсового проекта.....	5
2. Работа над проектом.....	6
2.1. Функциональное проектирование двигательной установки.....	6
2.2. Конструирование камеры двигателя	9
2.2.1. Конструирование смесительной головки.....	11
2.2.2. Конструирование корпуса камеры.....	18
2.2.3. Конструирование соединений частей камеры	28
2.2.4. Рекомендации по конструированию сварных соединений.....	31
2.3. Расчет прочности элементов камеры.....	32
2.4. Разработка компоновочной схемы двигателя.....	31
3. Требования к пояснительной записке и графической части проекта	34
3.1. Пояснительная записка	34
3.2. Графическая часть проекта	36
4. Порядок защиты курсового проекта	38
Библиографический список.....	40
<i>Приложения</i>	42

Введение

Курсовой проект по курсу "Конструирование основных узлов и систем двигательных установок" должен закрепить и расширить теоретические знания и практические навыки конструирования по данной дисциплине, способствовать стремлению к поиску самостоятельных решений инженерных задач.

Курсовой проект по данной дисциплине является продолжением курсовой работы по дисциплине "Теория и расчет ракетных двигателей", в которой проведён расчет основных параметров ракетного двигателя, определены геометрические размеры камеры, рассчитано смесеобразование и выбрана структурная схема двигательной установки.

Из пояснительной записке к этой работе для выполнения проекта берутся следующие параметры:

- тяга и пределы её изменения;
- компоненты топлива и их расходы;
- среднее массовое соотношение компонентов топлива и пределы его изменения;
- соотношение компонентов в ядре потока и в пристеночном слое газа;
- структурная схема двигателя;
- температура газа на входе в смесительную головку камеры (в системе с дожиганием);
- время работы двигателя в течение одного включения;
- число включений в полёте;
- изменение давления газа по длине сопла;
- температура газа на входе в сопло в ядре потока и в пристеночном слое;
- перепад давления компонентов топлива на форсунках;
- схемы головки камеры и расположение форсунок на внутреннем днище;
- контур газодинамического тракта и его размеры;

-давление охладителя на входе и выходе из тракта охлаждения камеры.

Дополнительно к этим данным в задании на курсовой проект задаётся:

- назначение двигательной установки (ДУ);
- участие ДУ в управлении вектором тяги летательного аппарата (ЛА);
- участие ЖРД в наддуве баков ЛА.

1. Содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из следующих основных частей:

- функционального проектирования двигательной установки - 20% объёма;
- конструирования одного из основных узлов ДУ - 40%;
- выполнения схемы компоновки двигателя - 10%;
- разработки рабочего чертежа одной детали - 5%;
- технологической части проекта - 5%;
- пояснительной записки с необходимыми описаниями и расчетами теплозащиты и прочности камеры - 20%.

Функциональное проектирование заключается в разработке пневмогидравлической схемы (ПГС) ДУ, циклограммы запуска и останова двигателя, а также в разработке структурных схем управления и регулирования на основном режиме работы. ПГС разрабатывается на основе структурной схемы двигателя, выбранной в курсовой работе по дисциплине "Теория и расчет ракетных двигателей".

В качестве одного из узлов ДУ для конструирования в стандартном проекте задаётся камера ЖРД. Сборочный чертёж её выполняется в одном из графических редакторов на ЭВМ в 2D или 3D в масштабе 1:1. В случае применения 2D должен быть представлен продольный разрез и вид со стороны головки камеры. На чертеже должны быть показаны сборочные единицы и детали, которые необходимы для окончательной сборки изделия,

проставлены необходимые размеры и указаны технические требования к сборке и контролю изделия.

Схема компоновки двигателя выполняется в масштабе 1:10. На ней в виде внешних контуров изображаются основные агрегаты ЖРД: камера, ТНА, ЖГГ, основные клапаны и регуляторы, обязательно крепление двигателя.

Рабочий чертёж выполняется для детали, указанной преподавателем. На нём должен быть указан материал детали и представлены все размеры и технические требования, необходимые для её изготовления.

В технологической части проекта обычно приводится схема последовательности сборки камеры и её контроля. Помимо этого, может быть представлена схема технологии изготовления детали, представленной на рабочем чертеже.

2. Работа над проектом

2.1. Функциональное проектирование двигательной установки

Прежде всего, производится функциональное проектирование ДУ. На основании данных "Пояснительной записки по курсу теории РД" и сформулированных требований выбирается конструктивная схема двигательной установки, которая может представлять собой одно- или многокамерный двигатель или же связку одно- или многокамерных двигателей [1,2]. Если эта схема была уже выбрана при выполнении курсовой работы на кафедре ТДЛА, то студент должен согласовать её с консультантом проекта. Желательно также выбрать прототип проектируемого двигателя.

Все функциональные системы ЖРДУ представляют собой единую пневмогидроэлектрическую систему (ПГЭС). Документально её оформляют в виде принципиальной схемы (пневмогидроэлектрической схемы – ПГЭСх) [1], на которой изображают все агрегаты системы и связи между ними.

Чтобы не усложнять восприятие, её представляют в виде двух схем – пневмогидравлической (ПГСх) и электрической (Эсх).

Электрическую схему в проекте не рассматривается.

При разработке ПГСх исходят из структурной схемы ЖРД, на которой видны связи между камерой, ТНА и ЖГГ. Теперь на этой схеме надо расположить агрегаты управления и автоматики, необходимые для подготовки к запуску, запуска, работе на основном режиме и останова двигателя. Разработанная в проекте ПГСх должна включать и баковую часть схемы, на которой показано, как обеспечивается наддув топливных баков.

При выполнении этой работы используют примеры ПГСх двигателей, изученных во время лабораторных работ, а также приведённых в пособиях [1,2,3] и в других. При вычерчивании ПГСх следует пользоваться условными обозначениями, указанными в ГОСТ 29763-77. Эти обозначения приведены в приложении 1 пособия [1]. Одновременно необходимо составить перечень агрегатов, изображённых на ПГСх. Выбирая тип агрегата, надо учитывать число включений его в полёте, время срабатывания, вид рабочего вещества, текущего через него, и расход этого вещества [3]. Для разъяснения конструкции ТНА в ПГСх может быть вставлена его конструктивная схема, ранее разработанная в курсе «Динамика и прочность ДЛА».

Рассмотрим основные операции, выполнение которых должна обеспечивать ПГСх.

На первом этапе запуска (предпусковой подготовке) необходимо выполнить:

-предстартовый наддув баков;

-включить продувку трубопроводов за главными клапанами по линии

окислителя (иногда и горючего) инертным газом – азотом или гелием;

-заполнить жидкими компонентами полости трубопроводов и насосов до

главных клапанов. При криогенных компонентах этой операции предшествует захлаживание заполняемых частей конструкции.

На втором этапе (включения ТНА) необходимо обеспечить:

- раскрутку ТНА;
- включение в работу ЖГГ.

На третьем этапе (включения камеры двигателя) необходимо выполнить:

- открытие главных клапанов в магистралях подачи компонентов в камеру;

Открытие клапанов должно проводиться в определённой последовательности с тем, чтобы обеспечить заданное опережение поступления одного из компонентов (чаще всего окислителя) в камеру по отношению к другому.

- включение зажигания в камере;

В результате этого происходит воспламенение компонентов топлива и двигатель выходит на промежуточный режим работы или сразу на основной.

При работе на основном режиме ЖРДУ является исполнительным органом следующих систем ЛА:

- регулирования кажущейся скорости;
- системы одновременного опорожнения баков;
- управления вектором тяги.

Кроме того, в двигателе могут быть предусмотрены собственные системы регулирования тяги или соотношения компонентов в камере и ЖГГ.

Система останова ЖРДУ должна обеспечить безопасность выключения двигателя и минимальный импульс последствия тяги.

При выборе той или иной системы необходимо обосновать её применение, т.е. указать, почему она обеспечивает наиболее эффективное проведение данной операции.

2.2. Конструирование камеры двигателя

В уже выполненной курсовой работе теории РД в качестве основного способа теплозащиты стенки камеры принято регенеративное охлаждение с учетом пристеночного слоя газа, образованного периферийными форсунками смесительной головки или поясами завесы. В курсовом проекте необходимо произвести расчет регенеративного охлаждения камеры и прочностные расчеты её элементов.

Следует иметь в виду, что расчет регенеративного охлаждения проводится до начала конструирования камеры, так как для формирования элементов конструкции необходимо знать их температуру. Расчеты прочности элементов камеры в основном являются поверочными, так как многими размерами вначале приходится задаваться. Поэтому прочностные расчеты камеры необходимо проводить параллельно конструированию.

Методики расчета теплозащиты элементов камеры приведены в учебных пособиях [1,3,4] и здесь не рассматриваются.

Конструирование проводится на основании полученного в результате термогазодинамического расчета газового тракта камеры и результатов проектирования теплозащиты. Выходом этой работы должен быть сборочный чертёж камеры, из которого понятна конструкция всех элементов и порядок сборки камеры. При выборе конструктивных решений студент ориентируется на уже изученные двигатели, атлас чертежей камер [9, 10], кафедральный электронный банк данных и рекомендованную литературу.

Используя эти материалы, студент выбирает конструктивные схемы основных сборочных единиц (СЕ) и производит их конструктивную разработку. Эта разработка заключается в членении основных СЕ на более

простые, а последних – на детали, в выборе формы и материалов деталей, вида их соединений, технологии изготовления и в расчете прочности элементов, входящих в силовую систему СЕ.

Деление камеры на СЕ обусловлено:

- различной конструкцией и технологией изготовления отдельных частей камеры;
- необходимостью их отдельных испытаний;
- отсутствием оборудования для изготовления крупногабаритных конструкций;
- необходимостью установки поясов завесного охлаждения;
- требованиями технологичности изготовления.

В процессе конструирования определяются размеры проходных сечений патрубков, коллекторов и штуцеров, через которые компоненты топлива подводят в камеру.

В настоящее время применяются паяно-сварные камеры, конструкция и технология изготовления которых были разработаны в КБ В.П. Глушко в 1954г. Камеры изготавливают в основном из листового материала, а для соединения их деталей и сборочных единиц используют пайку и сварку [3]. Пайка позволяет изготавливать внутреннее днище головки и стенку корпуса из более теплопроводного материала (например, из хромистой бронзы), а силовые элементы (рубашку корпуса, среднее и наружное днища головки) - из высокопрочной стали. Кроме того, пайка форсунок обеспечивает высокую герметичность полостей головки по сравнению с развальцовкой их торцов. Камеры состоят из двух основных сборочных единиц - смесительной головки и корпуса. Конструкция и порядок проектирования паяно-сварных камер приведена в пособии [3]. Ниже изложены некоторые

рекомендации по конструированию и технологии изготовления таких камер.

2.2.1. Конструирование смесительной головки

В курсовой работе по ТДЛА у студента уже принято расположение форсунок на головке, выбрана их схема и определены размеры внутренних каналов. Для превращения схемных решений в конструктивные необходимо учесть требования технологии изготовления, опыт конструирования подобных элементов и обеспечить их прочность.

Основным конструктивным элементом головки является форсуночный блок, состоящий из корпуса головки, внутреннего и среднего днищ и форсунок. Конструкция этого элемента тесно связана с технологией его изготовления. Внутреннее днище, изготавливаемое из стали или бронзы, штампуют из листа с отбортовкой кромки, которую затем обтачивают. Среднее стальное днище штампуют совместно с корпусом головки или отдельно, а затем приваривают к нему. В кондукторе в обоих днищах совместно сверлят отверстия под силовые (длинные) форсунки. Если форсунки однокомпонентные, то во внутреннем днище также по кондуктору сверлят отверстия под короткие форсунки.

Схемы соединения форсунок с днищами показаны на рис.1.

Форсунки изготавливают точением из прутка. На цилиндрической внешней поверхности протачивают одну или две канавки глубиной 0,5 мм и шириной 2 мм для установки колечек припоя. Колечки имеют поперечный разрез, одеваются на форсунку и обжимаются в канавку специальными щипцами. Иногда на наружной поверхности среднего днища отверстия под форсунки зенкуют, а колечко припоя надевают на форсунку сверху (рис.1, а). При этом припой не растекается по поверхности днища, а проникает в зазор между форсункой и днищем.

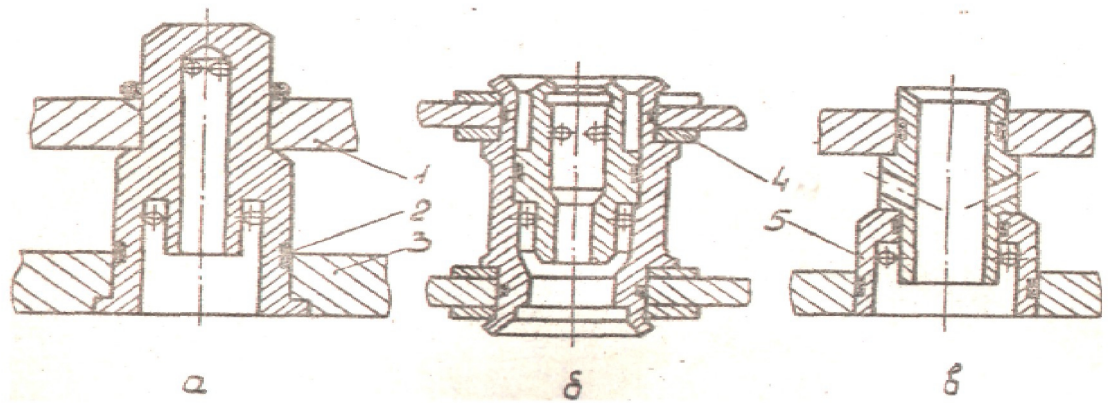


Рис.1. Схемы соединения форсунок с днищами головок при достаточной (а, в) и недостаточной для пайки толщине днищ (б): 1 - среднее днище, 2 - колечко припоя, 3 - внутреннее днище, 4 - прокладки из более мягкого металла, 5- малорасходная форсунка

Высота паяного шва по условию прочности должна быть не менее 3мм. Поэтому канавка под колечко припоя иногда несколько выступает над поверхностью внутреннего днища.

Если днища имеют толщину менее 3 мм, то для обеспечения прочности соединения производят предварительную развальцовку концов форсунок, а для обеспечения герметичности - пайку (рис.1, б).С этой же целью иногда на нижнем конце форсунки делают буртик, а в отверстии внутреннего днища – цилиндрическое углубление. Буртик также предотвращает вытекание припоя из зазора между форсункой и днищем.

В некоторых головках с тонкими днищами для увеличения прочности и жесткости форсуночного блока днища по периферии привариваются к кольцу с радиальными отверстиями, через которые охладитель поступает в их внутреннюю полость (рис. 2).

В головках теплонапряжённых камер для улучшения охлаждения внутреннего днища используют дефлектор (несиловое днище), установленный в полости между внутренним и средним днищами (рис.3). Один из способов крепления дефлектора показан на рис.4. Охладитель, поступающий в полость между внутренним днищем и дефлектором, через отверстия в последнем проходит в полость между дефлектором и средним днищем и попадает в форсунки. Зазор между внутренним днищем и дефлектором выбирают из условия получения необходимой скорости течения охладителя.

Другим способом усиления теплозащиты внутреннего днища является применение дополнительных малорасходных форсунок, дополнительных каналов в основных форсунках (см. рис.1в) или же сверлений в самом днище.

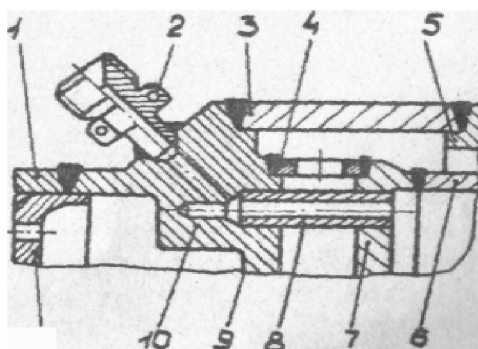


Рис. 2. Схема соединения головки с корпусом камеры: 1 - газовод, 2 - штуцер для измерения давления газа в камере, 3 - соединительное кольцо. 4 - кольцо с радиальными отверстиями, 5 - рубашка корпуса камеры, 6 - стенка корпуса, 7 - внутреннее днище головки, 8 - втулка, 9 - среднее днище, 10 - корпус головки, 11 - газораспределительная решетка

Сборка форсуночного блока производится в следующем порядке.

В кольцевые канавки форсунок закладывают колечки припоя, вставляют форсунки во внутреннее днище и одевают среднее днище. Сверху на силовые форсунки также устанавливают колечки припоя. Затем форсуночный блок устанавливают в контейнер, который заваривают. Через два штуцера контейнер продувают нейтральным газом, а затем заваривают и эти штуцеры. Это необходимо для того, чтобы не было окисления припоя при пайке. После пайки в печи контейнер вместе с ней остывает, так как при быстром охлаждении на воздухе в деталях блока, изготовленных из материалов с разными коэффициентами теплового расширения, могут возникнуть большие остаточные напряжения.

Наконец, проводят технологические испытания форсуночного блока [3] и, если предусмотрена установка кольца, соединяющего по периферии днища, производят его приварку.

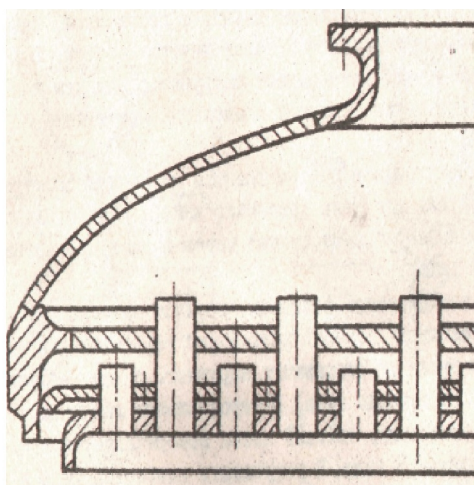


Рис. 3. Схема головки с дефлектором

С целью увеличения изгибной жесткости форсуночного блока при большом диаметре головок (более 0,2м) среднее днище связывают с наружным днищем с помощью ребер жесткости (кольцевых или радиальных),

которые привариваются к днищам с таким расчетом, чтобы не мешать входу компонента топлива в форсунки. При меньших диаметрах эти днища могут быть соединены удлиненными форсунками-штифтами. При другом способе увеличения жесткости блока днищ среднее днище изготавливают выгнутым с большим радиусом кривизны в сторону внутреннего днища, и оно работает при действии перепада давления на растяжение, а не на изгиб.

Наружное днище головок, подающих в камеру оба жидких компонента, имеет сферическую или эллиптическую форму и приварено к корпусу головки. Если имеются кольцевые ребра жесткости, то наружное днище состоит из отдельных колец, привариваемых к ребрам и к корпусу головки. Поскольку эти швы являются "закрытыми" (к ним нет доступа изнутри для зачистки), то их необходимо варить с подкладкой, предотвращающей попадание расплавленного металла внутрь полости. В центре наружного днища обычно приваривают патрубок с фланцем для подвода одного из компонентов топлива.

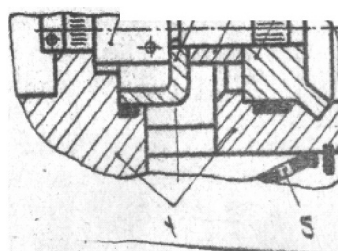


Рис. 4. Один из способов крепления дефлектора

1 – корпус головки, к которому пайкой и развальцовкой присоединено внутреннее днище и припаян дефлектор; 2 – фильтр

В газожидкостных головках наружное днище имеет коническую или расширяющуюся тороидальную форму [3]. Угол конуса или степень расширения тороидального наружного днища выбирают из условия безотрывного течения газа. В тороидальном газоводе, соединяющем турбину с головкой, газовый поток поворачивается и на газ действует центробежная сила. В результате плотность газа и его давление по поперечному сечению газовода и головки будут неодинаковыми. Для выравнивания поля давления перед форсунками внутри наружного днища устанавливают газораспределительную решетку (см. рис.2).

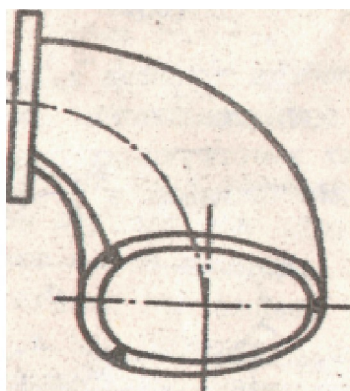


Рис.5. Схема тороидального наружного днища

У тороидального днища максимальные напряжения от давления газа возникают на образующей минимального радиуса. Поэтому его изготавливают с переменной толщиной стенки литым или сваркой из трех штампованных частей и к узкому концу приваривают фланец (рис. 5).

Установка воспламенителей и штуцеров. Если пиро- или электроискровой воспламенители расположены на головке, то они сообщаются с огневой полостью камеры с помощью трубки, впаянной в днища вместо центральной

форсунки, или же с помощью втулки (рис.6, б), вставленной в сверления в корпусе головки и во внутреннем днище.

Иногда пировоспламенитель устанавливается перпендикулярно оси камеры на соединительном кольце корпуса головки с корпусом камеры (рис.6, а).

Штуцеры для измерения давления компонентов топлива в полостях головки устанавливают на наружном днище и на кольце, соединяющем корпус головки с рубашкой корпуса камеры. Штуцер должен иметь шестигранный выступ для удержания его ключом при затяжке ниппельного соединения, так как иначе можно разрушить сварку. Штуцер для измерения давления газа в камере сгорания часто приваривают на корпусе головки и сообщают его с огневой полостью камеры через сверление в корпусе и втулку, установленную вместо форсунки (см. рис.6).

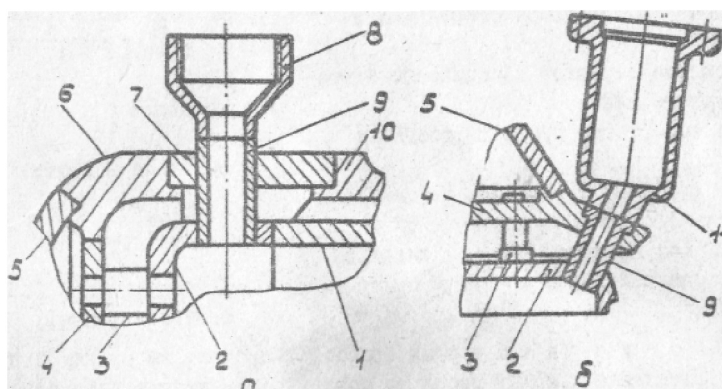


Рис. 6. Схемы установки воспламенителя: а – на кольце, соединяющем смесительную головку с корпусом; б – на корпусе смесительной головки; 1 – стенка корпуса камеры, 2 – внутреннее днище, 3 – форсунка, 4 – среднее днище, 5 – наружное днище, 6 – корпус головки, 7 – соединительное кольцо, 8 – штуцер для установки пиросвечи, 9 – переходная втулка, 10 – корпус камеры, 11 – корпус пиросвечи

После изготовления головки проводят ее технологические испытания, аналогичные испытаниям форсуночного блока, обезжиривают, сушат и клеймят.

Основные ТУ на изготовление головки приведены в пособии [3]. Для головки камеры диаметром 0,4 м одного из ЖРД некоторые требования имеют следующие числовые значения:

- неплоскостность внутреннего днища - не более 2 мм;
- выступание торцов форсунок над внутренним днищем - не более 1 мм;
- биение наружной поверхности бурта внутреннего днища не более 0,5 мм;
- биение торца бурта внутреннего днища - не более 0,5 мм;
- радиальное и торцевое биения центрального фланца - не более 0,5 мм;
- биения наружного днища головки (он является базовой деталью при сборке головки с корпусом камеры) - 0,3мм

2.2.2. Конструирование корпуса камеры

Корпус камеры (рис. 7) состоит из стенки и рубашки, соединенных между собой по поверхностям пайкой гофрированных проставок или ребер, полученных фрезерованием канавок на наружной поверхности стенки.

Преимущества соединения с помощью ребер заключается в следующем:

- ребра позволяют получить более точные размеры каналов тракта охлаждения;
- спай между ребром и рубашкой работает при более низкой температуре, чем спай гофра со стенкой;

- при ребрах легче обеспечить надлежащую подгонку ребра к рубашке, что устраняет появление непропаев, которые возникают при использовании гофрированной проставки (особенно при значительных изменениях радиуса поперечного сечения корпуса);

- проще проконтролировать качество пайки ребра с рубашкой с помощью рентгеноскопии;

- облегчаются условия работы сварного шва между деталями стенки сборочных единиц в зоне критического сечения, так как он может быть сдвинут от этого сечения вправо или влево.

Поэтому в местах с двойной кривизной (в сужавшейся части и на некотором участке расширяющейся части сопла) используют соединение с помощью ребер, а на остальных участках корпуса - гофров. В более поздних конструкциях часто связи в виде ребер используют по всей длине корпуса камеры. Однако, следует помнить о том, что фрезерование ребер трудоёмко, особенно в тех случаях, если материалом стенки является нержавеющей сталь или титановый сплав.

Корпус камеры делится на две или более основные сборочные единицы. Как стенка, так и рубашка каждой сборочной единицы корпуса могут состоять из нескольких деталей, соединенных сваркой, причем после сварки швы обязательно зачищают.

Конструкция элементов корпуса тесно увязана с технологией их изготовления. Поэтому необходимо кратко её рассмотреть.

Если соединение рубашки и стенки производится с помощью ребер, то для заготовки стенки выбирают лист с учетом толщины стенки, высоты ребра и припусков на механическую обработку. Стенку сужающейся части сопла вместе с небольшим участком расширяющейся его части получают путем глубокой вытяжки из листа.

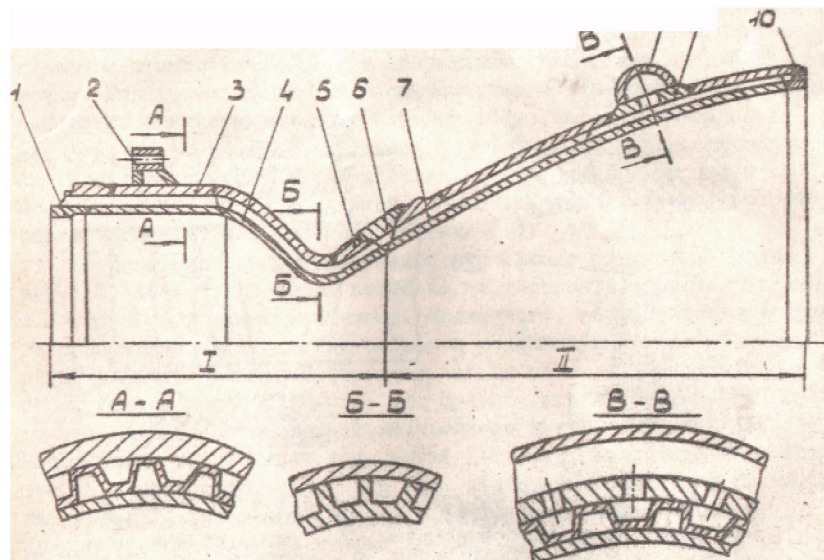


Рис.7. Схема корпуса паяно-сварной камеры:

- 1 - утолщенное кольцо стенки, 2 - узел крепления камеры к раме ЛА,
 3 - рубашка, 4 - стенка, 5 - переходное кольцо, 6 - соединительное кольцо,
 7 - гофрированная проставка, 8 - обечайка коллектора, 9 –распреде-
 лительное кольцо, 10 - замыкающее кольцо.

При этом некоторый участок расширяющейся части сопла вначале имеет цилиндрическую форму (см. рис.10,а) с внутренним диаметром, равным диаметру критического сечения. Затем стенку обтачивает до получения заданной толщины.

Фрезерование канавок осуществляют парой фрез (рис.8, а), в том сечении, где эта ширина канавки становится больше максимально допустимой, число ребер удваивают (Рис.8,б). Минимальные диаметр фрезы – 40 мм, толщина – 1 мм. Эти размеры определяют минимальный меридианальный радиус кривизны стенки и минимальную ширину канавок. Фрезеруют и винтовые ребра с углом наклона к образующей, равным

15...20°. Если на соседних участках число ребер не кратно друг другу, между ними протачивают кольцевую канавку для выхода фрезы.

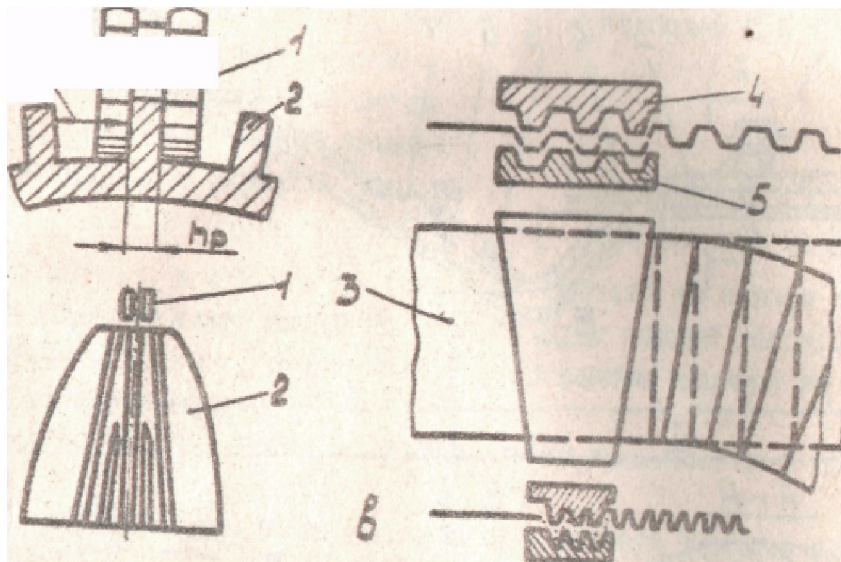


Рис. 8. Схемы фрезерования канавок на наружной поверхности стенки (а), удвоения ребер (б) и штамповки гофров (в):

1 – фреза, 2 – ребро стенки, 3 – заготовка для гофрирования, 4 – матрица, 5 – пуансон.

Ширина канавки по условиям обеспечения местной прочности должна быть не более 3...4 мм. Такое же расстояние выдерживают и между концами соседних гофрированных проставок.

На участках корпуса, где соединение его элементов осуществляют с помощью гофрированных проставок, стенку и рубашку изготавливают из листового материала гибкой на трехвальной гибочной машине со сменными вальками с последующей сваркой продольного шва. Конической заготовке затем с помощью штампа придают профилированную форму.

Гофрированную проставку штампуют из листовой заготовки в специальном штампе (рис. 8, в), сворачивают и боковые кромки сваривают

встык. Для профилированной расширяющейся части сопла изготавливают несколько конических секций с шагом гофра, изменяющимся по их длине, а затем в специальном штампе формируют необходимый профиль. Длина секции в этом случае ограничена деформацией, допустимой при ее профилировании, а не величиной изменения шага гофра по условию обеспечения местной прочности стенки [1].

К торцам рубашки приваривают утолщенные переходные кольца (см. рис.7, поз. 5), которые повышают ее жесткость в местах соединения с другими сборочными единицами. Кроме того, они позволяют устранить появление распая шва между ребром и рубашкой в момент приварки соединительного кольца. Переходное кольцо может быть приварено и к торцу стенки малой толщины - для обеспечения качественного сварного шва стенки с отбортовкой внутреннего днища (см. рис.9, поз. 1). Подобную же конструкцию используют в случае, если материалы деталей стенки плохо свариваются.

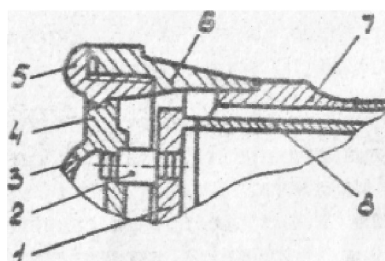


Рис. 9. Схема установки паяного соединительного кольца:

- 1 – внутреннее днище, 2 – форсунка, 3 – наружное днище головки,
4 – корпус головки со средним днищем, 5 – стальное переходное
кольцо головки, 6 – титановое переходное кольцо рубашки корпуса, 8 -
стенка

При этом кольцо изготавливают из материала, который хорошо сваривается с обеими деталями (например, для сварки бронзы БрХ08 со сталью Г2Х18Н9Т используют переходное кольцо из стали 12Х21Н5Т). Если же материалы деталей не свариваются (например, бронза или сталь с титановым сплавом), то используют так называемое резьбовое соединительное кольцо, одна деталь которого изготовлена из бронзы, а другая - из титанового сплава. Эти детали соединяются резьбой с последующей пайкой (рис. 9).

Сборка средней части корпуса под пайку. Вначале производят подгонку стенки к рубашке. Для этого внутреннюю поверхность рубашки покрывают мелом, надевают рубашку на стенку, а после снятия ее проверяют плотность прилегания ребер к рубашке.

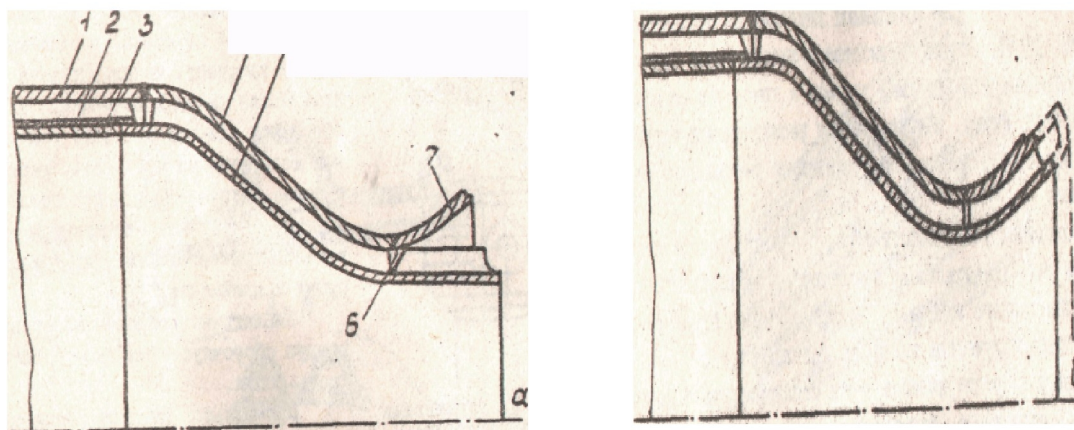


Рис. 10. Положение деталей рубашки и стенки средней части корпуса камеры до (а) и после (б) развальцовки цилиндрического участка стенки: 1, 2, 3- рубашка, гофрированная проставка и стенка цилиндрического участка корпуса, 4, 5 - рубашка и стенка входной части сопла, 6 - кольцевая проточка в ребрах, 7 - рубашка начального участка расширяющейся части сопла

При необходимости вновь надевают рубашку и производят обстукивание стенки в местах неприлегания ребер. Затем соответствующие поверхности стенки и рубашки подвергают травлению для удаления с них окислов и загрязнений, наносят припой напылением или в виде фольги.

После этого производят окончательную сборку и развальцовывают начальный цилиндрический участок стенки расширявшейся части сопла до получения плотного прилегания ребер к поверхности рубашки (рис. 10).

Кольцевая проточка в ребрах 6 (см. рис. 10) предотвращает их боковое выпучивание при больших углах развальцовки стенки в сопле с угловым входом.

У стыка со смесительной головкой на корпусе могут быть установлены штуцеры для измерения давления газа в камере сгорания и для крепления воспламенителя. Штуцер вставляют в отверстия рубашки и стенки и приваривают (Рис.11).

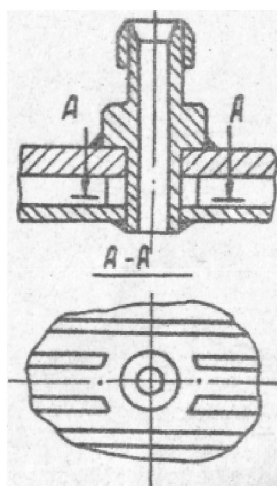


Рис. 11. Установка штуцера измерения давления газа в камере сгорания на цилиндрическом участке корпуса

Чтобы обеспечить проход охладителя по каналам тракта охлаждения, перекрытым штуцером, ребра или гофры вокруг него необходимо удалить.

Пояс завесного охлаждения обычно устанавливают на входе в сопло.

В зависимости от конструкции [2, 3] его приваривают к деталям стенки и рубашки или изготавливают заодно целое со стенкой.

Собранную среднюю часть корпуса помещают в печь. После пайки и остывания с печью сборочная единица проходит технологические испытания на прочность, герметичность, а затем обточку торцов под соединения с другими сборочными единицами.

Аналогичным образом изготавливают и вторую сборочную единицу - *расширяющуюся часть сопла.*

При большой степени расширения сопла для снижения веса вместо гладкой рубашки иногда устанавливают тонкую гофрированную рубашку (рис. 12), которую сваривают с остальными деталями по отбортовкам на концах. Недостатком такой конструкции является возможность повреждения рубашки при незначительных ударах.

Обычно рубашку расширяющейся части сопла делают из нескольких деталей со ступенчатым уменьшением ее толщины к срезу сопла. При сборке деталей рубашки в нее вваривают распределительные кольца коллекторов для ввода охладителя в тракт охлаждения камеры или вывода его из тракта, а снаружи приваривают узлы крепления агрегатов и трубопроводов двигателя, а также узлы крепления камеры к ЛА.

На рубашке расширяющейся части сопла часто устанавливают кольцо для крепления донного экрана ЛА, предохраняющего агрегаты двигателя от перегрева излучением выходящей газовой струи. Для повышения

устойчивости формы сопла при работе его с перерасширением газа к рубашке приваривают кольцевые ребра жесткости.

К торцам стенки и рубашки у среза сопла для повышения жесткости приваривают замыкающее кольцо (см. рис.9, поз. 10, рис.12, поз.7). К этому кольцу или рядом к рубашке иногда приваривают штуцер для слива жидкости из тракта охлаждения камеры при ее испытаниях или после отложенного запуска.

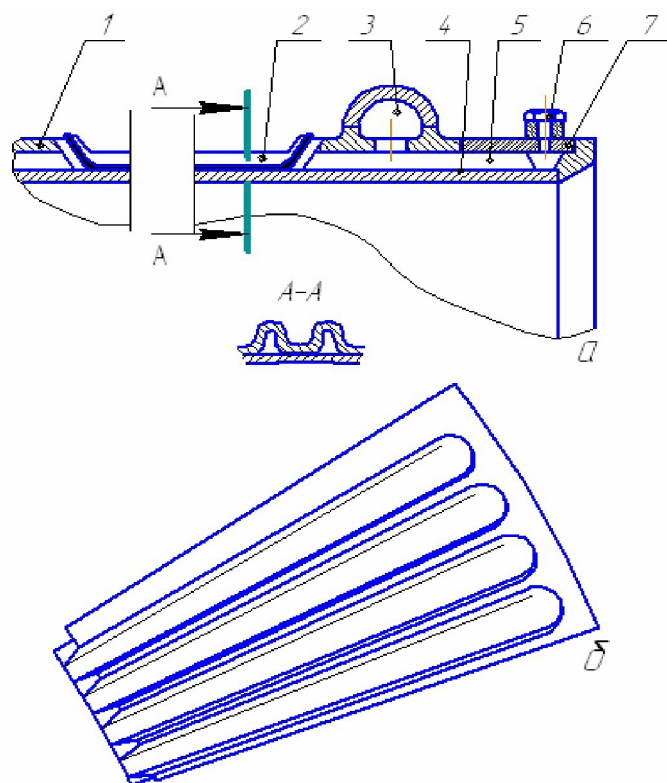


Рис.12. Схема соединения гофрированной рубашки со стенкой и другими деталями: 1- рубашка предшествующей части сопла, 2-гофрированная рубашка, 3-коллектор, 4-стенка, 5-гофрированная проставка, 6- пробка штуцера, 7- замыкающее кольцо

Для камер двигателей последних ступеней ракет и космических ЛА используют одностенные сопловые насадки [3], соединяемые с охлаждаемой регенеративно частью сопла сваркой или с помощью фланцевого соединения.

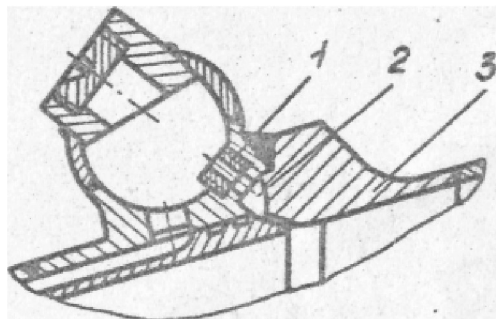


Рис.13. Пояс завесы на стыке охлаждаемой регенеративно и одностенной части сопла: 1- жиклёр для заданного расхода охладителя на завесу; 2- коллектор завесы; 3- переходное кольцо одностенного насадка

Для усиления теплозащиты насадка в этом месте часто располагают пояс завесы (рис. 13).

Основные технические требования на изготовление корпуса приведены в пособии [3]. Ниже даны некоторые числовые значения допусков на размеры и погрешности формы для одной из камер двигателя средней тяги:

толщина стенки, мм $-(0,1...0,15);$

толщина ребра, мм $\pm(0,1...0,15);$

высота ребра, мм $\pm(0,15...0,20);$

шаг ребра, мм $\pm 0,15;$

диаметр критического сечения сопла- по 10, 11 квалитетам;

диаметр среза сопла- по 13-16 квалитетам;

некруглость диаметров критического сечения и среза сопла - (20...50)% от допуска на размер.

2.2.3. Конструирование соединений частей камеры

Обычно базовой сборочной единицей является охлаждаемая регенеративно расширяющаяся часть сопла, базами сборки - ось сопла и его срез. Её устанавливают на вращавшей оправке с горизонтальной осью. На такой же оправке устанавливают среднюю часть камеры и, совместив торцы сборочных единиц, сваривают стенки встык, а рубашки - с помощью соединительных колец (разъемных или сплошных), привариваемых к переходным кольцам.

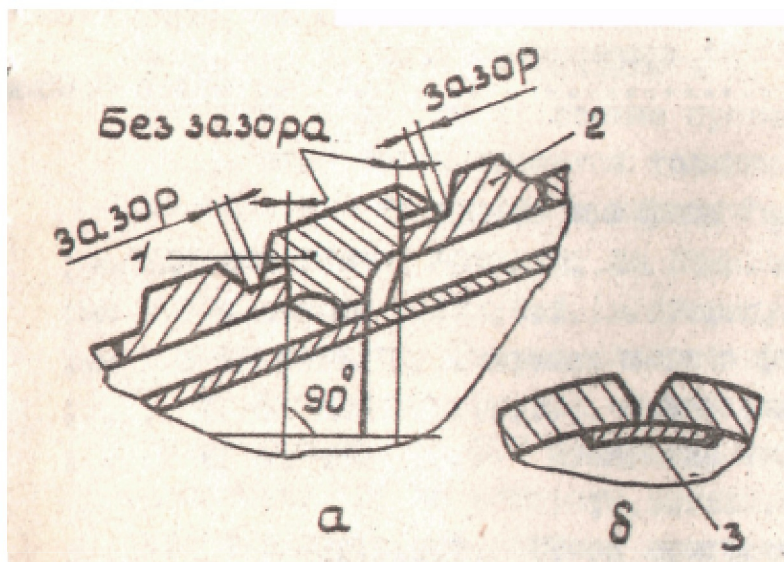


Рис.14. Установка соединительного кольца при сварке секций рубашки корпуса камеры (а) и схема установки подкладки при сварке разъемов этого кольца (б): 1- разъемное соединительное кольцо; 2- переходное кольцо рубашки; 3- подкладка

Перед установкой соединительного кольца часто проводят токарную обработку торцов переходных колец рубашки, так как при сварке стенки могла возникнуть их поводка, а соединительное кольцо должно входить между указанными торцами без зазора. Связано это с тем, что после сварки замыкающего шва соединительного и переходного колец при остывании возникает его стягивание, которое может разрушить ранее сваренный шов между краями стенок.

Плоскости торцов соединительного и переходных колец должны быть перпендикулярны оси камеры, иначе соединительное кольцо нельзя будет вставить (рис.14,а). Продольные швы между концами соединительных полуколец необходимо варить с подкладкой (рис. 14,б). Подобным же образом присоединяют к корпусу смесительную головку.

Иногда необходимо установить коллектор на выходе из тракта охлаждения корпуса. В этом случае можно использовать решение, приведенное на рис.15.

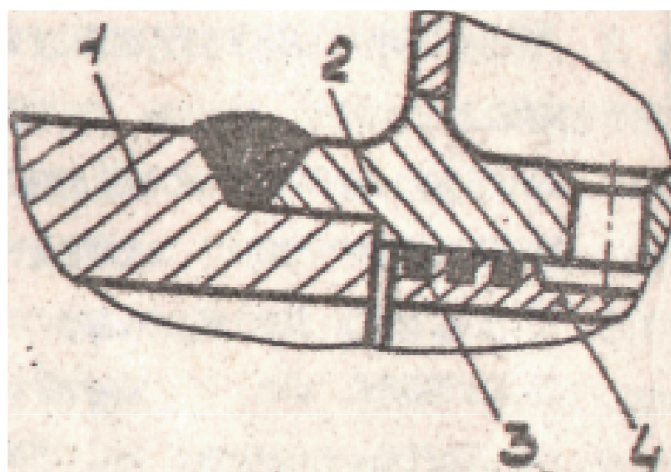


Рис.15. Соединение головки с корпусом камеры при установке коллектора для вывода охладителя: 1 - корпус головки, 2 - корпус коллектора, 3 - припой, 4 – стенка корпуса.

После каждого соединения сборочных единиц проводят их технологические испытания.

Опоры крепления камеры к ЛА, если они не были ранее присоединены к головке или корпусу камеры, привариваются, в специальном стапеле. Положение их относительно оси сопла должно быть задано с определённой точностью. Поэтому после приварки часто их опорные поверхности приходится дополнительно обрабатывать.

Наконец, камеру промывают, сушат, клеймят, заглушают все отверстия, контрят резьбовые соединения, а перед постановкой заглушки в критическом сечении сопла внутрь камеры сгорания закладывают мешочек с силикагелем (осушителем).

Технические условия на сборку камеры приведены в пособии [3]. Некоторые числовые значения, характеризующие допуски на размеры и взаимное положение деталей для одной из камер, приведены ниже:

Несоосность осей сборочных единиц - до 0,5 мм;

Зазор между торцами стенок перед сваркой - до 0,1 мм;

Непараллельность осей сборочных единиц на длине 100 мм - до 0,05 мм;

Смещение центров отверстий в кронштейнах регулируемых креплений относительно номинального положения - не более 1 мм;

то же смещение в нерегулируемых креплениях - не более 0,05 мм;

Неперпендикулярность торцов кронштейнов оси камеры на длине 100 мм - не более 0,05 мм;

Для поворотных камер:

Неперпендикулярность осей цапф оси камеры на длине 100 мм -

- не более 0,05 мм;

Несоосность осей цапф - не более 0,1 мм;

Непересечение осей цапф с осью камеры - не более 0,1 мм;

Испытать на прочность давлением ... МПа - по ТУ;

Испытать на герметичность давлением ... МПа - по ТУ;

Пролить камеру - по ТУ;

Промыть, обезжирить, просушить - по ТУ;

Все отверстия заглушить - по ТУ;

Транспортировать в вертикальном положении.

2.2.4. Рекомендации по конструированию сварных соединений

В камере много сварных соединений, рациональная конструкция которых в значительной степени определяет прочность и надёжность изделия.

1. Для изготовления деталей камеры необходимо использовать хорошо свариваемые стали, особенно в тех случаях, когда после сварки невозможно провести термообработку (например, при соединении секций корпуса).
2. При сварке оболочек необходимо использовать сварку встык, которая приводит к меньшей концентрации напряжений, чем сварка внахлёстку.
3. Кромки свариваемых деталей должны иметь примерно одинаковую толщину.
4. Сварные швы рубашки и стенки целесообразно сдвигать относительно друг друга с тем, чтобы не ослаблялась прочность корпуса.
5. Прочность сварных швов часто меньше прочности основного материала.

В этом случае для получения равнопрочности целесообразно увеличивать толщину основного материала только в месте сварки. Если это невозможно выполнить, приходится увеличить толщину основного материала всего элемента, что повышает массу конструкции.

6. При изготовлении камеры используют в основном автоматическую сварку в среде аргона или гелия.

2.3. Расчет прочности элементов камеры

При конструировании элементов камеры назначается материал деталей и проводится расчет их прочности. При выборе материала деталей следует руководствоваться пособиями [3,11,12,].

Общие вопросы прочности элементов камеры двигателя и методики их расчетов приведены в пособиях [1,2,4].

В курсовом проекте при конструировании камеры обязательно должны быть проведены следующие прочностные расчеты:

1. Расчет прочности смесительной головки, который включает в себя расчет прочности блока днищ и наружного днища (или газоведа).
2. Расчет общей прочности корпуса камеры.
3. Расчет местной прочности стенки корпуса в местах соединения его сборочных единиц.
4. Расчет прочности опор крепления камеры.

2.4. Разработка компоновочной схемы двигателя

После разработки конструкции камеры и ПГСх необходимо выбрать и сформировать компоновочную схему двигателя. На ней должны быть изображены все основные агрегаты: камеры, ТНА, ЖГГ, основные клапаны и узлы крепления двигателя. Основанием для выполнения компоновки яв-

ляются конструктивная схема двигателя, ПГСх и внешние контуры агрегатов.

Рекомендуется компоновочную схему выполнять в масштабе 1:10 на листе формата А3 или А4.

Внешний вид и основные размеры камеры известны из чертежа. Диаметры трубопроводов определяются по расходу компонентов из уравнения неразрывности

$$F = m_{\text{тр}} / (w \cdot \rho), \quad (1)$$

где F - площадь поперечного сечения трубопровода;

$m_{\text{тр}}$ - расход компонента;

w - рекомендуемая скорость течения компонента. Для жидких компонентов $w = 10 \dots 20 \text{ м/с}$, а для жидкого водорода $w = 20 \dots 30 \text{ м/с}$;

ρ - плотность компонента.

Размеры и особенности модели ТНА должны быть взяты из курсового проекта по дисциплине “Динамика и прочность ДЛА”. Если проектные данные по ТНА разрабатываемого двигателя отсутствуют, то его форму и размеры, как и ЖГГ, предлагается выбрать в зависимости от размеров камеры в соответствии с рекомендациями приложения 2. Размеры клапанов, показанных там же, целесообразно назначать, исходя из размеров трубопроводов.

На компоновочной схеме должно быть минимум два вида на двигатель, расположенных в проекционной связи (вид сбоку и вид сверху).

Приветствуется выполнение компоновки в графическом редакторе 3D. Позиции агрегатов на схеме должны иметь те же номера, что и в ПГСх. Элементы, отсутствующие в ПГСх, поясняются в подрисуночной надписи.

Компоновочную схему помещают в записке вместе с описанием конструкции двигателя. При этом могут использоваться упрощённые модели внешнего вида агрегатов, показанные в приложении 2. Все они представляют собой тела вращения.

Примечание: В усложнённом варианте проекта трубопроводы должны располагаться с допустимыми зазорами относительно друг друга и остальных агрегатов, радиусы изгиба их должны быть также ограничены. При этом могут быть поставлены задачи:

- 1) Уместить двигатель в цилиндрическом отсеке заданных размеров (ось цилиндра совпадает с осью камеры).
- 2) Создать двигатель минимальных размеров (должен быть минимальный объём цилиндра, описанного около двигателя).
- 3) Создать двигатель минимальных поперечных размеров, например, не выходящих за пределы среза сопла.

3. Требования к пояснительной записке и графической части проекта

3.1. Пояснительная записка

Пояснительная записка должна содержать обоснования решений и расчеты, выполненные только самим студентом. С целью уменьшения объема допускается также ссылка на материалы, помещенные в записках, ранее выполненных по другим дисциплинам. При написании записки можно пользоваться работами [15, 16].

Основная часть записки должна иметь следующие разделы:

Введение (требования к проектируемой ДУ)

1. Функциональное проектирование (принципиальная схема ДУ, циклограмма запуска-останова)
2. Компоновочная схема двигателя
Расчет проходных сечений патрубков, подводящих компоненты
3. Конструкция камеры (описание конструкции: состав камеры, способы соединения её частей, крепление камеры, зажигание компонентов, назначение штуцеров и др.)
4. Расчет теплозащиты элементов камеры
 - 4.1. Выбор системы теплозащиты элементов камеры и вида охладителя
 - 4.2. Расчет проточного охлаждения камеры (подготовка данных для расчета проточного охлаждения на ЭВМ, результаты расчета).
 - 4.3. Проектирование оребрения стенки камеры и расчет коэффициента эффективности оребрения в критическом сечении
 - 4.4. Расчет температуры стенки с учетом оребрения
(Вывод о том, что температура стенки находится в пределах нормы, в противном случае – меры по снижению температуры, например, нанесением покрытия или др.)
5. Расчет прочности элементов камеры
 - 5.1. Расчет прочности смесительной головки
 - 5.1.1. Расчет прочности блока днищ
 - 5.1.2. Расчет прочности наружного днища (или газоведа)
 - 5.2. Расчет прочности корпуса
 - 5.2.1. Расчет общей прочности корпуса (анализ результатов расчета на ЭВМ, расчет прочности в заданных сечениях)
 - 5.2.2. Расчет местной прочности корпуса (прочность неподкреплённых участков, связей стенок и пр.)
 - 5.2.3. Другие расчеты в соответствии с заданием (прочность коллекторов,

фланцевых соединений, расчет устойчивости формы сопла)

6. Сводка материалов, применяемых для изготовления деталей камеры
7. Последовательность сборки камеры (технологическая часть)

Заключение (итоги проектирования и предложения)

В заключении необходимо сравнить параметры разработанного ЖРД и уже выполненных двигателей [4] и сделать соответствующие выводы.

Список использованных источников

Приложения:

1. Результаты расчета проточного охлаждения камеры на ЭВМ
2. Результаты расчета общей прочности на ЭВМ
3. Рабочий чертёж детали (форсунки)
4. Спецификация камеры
5. Сборочный чертёж камеры (прилагается к пояснительной записке)

3.2. Графическая часть проекта

Студент разрабатывает сборочный чертеж камеры – документ, на основании которого будет выполняться окончательная сборка камеры из сборочных единиц и деталей. Поэтому только эти элементы конструкции должны быть занесены в спецификацию, которая прилагается к пояснительной записке. В местах сварки этих элементов необходимо обозначить тип сварки и выполнить выносные разрезы, на которых показана разделка сварных швов и виды сечения до и после установки соединительных колец.

Для выяснения конструкции отдельных элементов (форсунок, штуцеров, патрубков, коллекторов и др.), а также способов их соединения с камерой необходимы дополнительные виды по стрелкам, выносные разрезы и сечения.

Объём сборочного чертежа должен соответствовать 3...4 листам ватмана формата Ф1.

На чертеже должны быть:

- проставлены виды сварки согласно ГОСТ 2.312- 68 и 2.313-68;
- проставлены посадочные, установочные, присоединительные, габаритные, исполнительные и справочные размеры, межосевые расстояния отверстий, типы и размеры резьб;
- вынесены номера позиций сборочных единиц и деталей;
- выполнены надписи: основная – по ГОСТ 2.104 – 68 и пояснительная - по ГОСТ 2. 318 – 68.

Пояснительная надпись включает основные технические требования на заключительные операции сборки камеры (сварку головки и кронштейнов узлов крепления камеры с её корпусом), на окончательный контроль её качества, на подготовку её к транспортировке или хранению [3].

Однородные и близкие по своему характеру требования группируются по возможности вместе в следующей последовательности:

- требования к материалам, заготовкам, способам соединений, термообработке и т.д.;
- размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей;
- требования к качеству поверхностей, указания об их отделке или покрытии;
- зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- условия и методы испытаний;
- правила транспортировки и хранения.

Пункты, входящие в технические требования, должны иметь сквозную нумерацию сверху вниз и начинаться с новой строки. Текст размещается над основной надписью. При назначении технических требований студент должен обосновать их необходимость и знать способы их проверки.

4. Порядок защиты проекта

До защиты проекта (минимум за день) консультант проверяет пояснительную записку и графическую часть проекта и пописывает их. Консультант может в пояснительной записке написать своё мнение о работе и рекомендовать оценку проекта.

Защита проекта происходит по расписанию. Если группу консультировало два преподавателя, то защиту принимает преподаватель, непосредственно не консультировавший данного студента. Если группу вёл один преподаватель, то защиту проекта он и принимает.

Студент представляет на защиту разработанные им материалы и в течении 5-6 минут докладывает о результатах проделанной работы, обращая основное внимание на вопросы, разработанные им самостоятельно.

После доклада студенту задают вопросы по всему комплексу работы над проектом. Оценка проставляется по четырёхбальной системе. При оценке проекта учитываются: содержание, объём и глубина проекта, степень самостоятельности конструктивной разработки, отсутствие конструкторских ошибок, качество доклада, правильность и полнота ответов на вопросы, оценка консультанта (если она есть).

Проект оценивается:

"Отлично",

если при разработке конструкции приведены оригинальные или самостоятельные решения; проект содержит не более трёх мелких ошибок; доклад полный и короткий; ответы на вопрос полные и глубокие.

"Хорошо",

если при разработке конструкции имеются самостоятельные решения; доклад и ответы на вопросы достаточно полные; проект содержит не более 6 мелких ошибок.

"Удовлетворительно",

если при разработке конструкции в основном использована конструкция указанного преподавателем прототипа, которая студентом усвоена в достаточной мере; проект не содержит грубых ошибок; ответы на большинство вопросов правильны.

"Неудовлетворительно", - во всех остальных случаях.

Студенты, получившие неудовлетворительные оценки на защите, а также претендующие на более высокую оценку, допускаются к повторной защите с разрешения декана факультета.

Библиографический список

1. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. Д.А.Ягодникова.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. – 488 с.:ил.
2. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности "Авиационные двигатели и энергетические установки" / Г.Г. Гахун, В.И.Баулин, В.А.Володин и др.; Под общ. ред. Г.Г. Гахуна. -Машиностроение,1989. - 424с.
3. Конструкция и проектирование агрегатов двигателей летательных аппаратов: Учеб. пособие /Д.Ф. Пичугин, Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1989. 244 с.
4. Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов: Учеб. пособие /Д.Ф. Пичугин; Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев,1990. 244 с.
5. Пневмогидравлические системы двигательных установок с жидкостными ракетными двигателями /В.Н.Челомей, Д.А.Полухин, Н.Н.Миркин и др.; Под ред. акад. В.Н.Челомея – Машиностроение, 1978. – 240с.
6. Борисов В.А. Основы конструирования ракетных двигателей: учеб. пособие / В.А. Борисов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 98 с.: ил.
7. Козлов А.А. и др. Системы питания и управления жидкостных ракетных двигательных установок: Учебник для студентов авиадвигательных и строительных специальностей вузов /А.А. Козлов, В.Н. Новиков, Е.В. Соловьев. М.: Машиностроение, 1988. 352 с.
8. Бережинский Р.А., Горохов В.Д., Коробченко В.А. Основы проектирования камер сгорания ЖРД: Учеб.пособие / Под общ. ред. В.С.Рачука. Воронеж:Воронеж. гос.техн.ун-т, 2004. 129с.
9. Атлас конструкций ЖРД. Ч.1. Под ред. Г.Г. Гахуна. Изд. МАИ. М.,1969.
10. Атлас конструкций ЖРД (Описания). Ч.1. Под ред. Г.Г. Гахуна. Изд. МАИ. М.,1969.

11. Выбор материалов для деталей ДЛА: Метод. указания к курс. и дипл. проектированию (с приложением) /Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1984.
12. Орлов П.И. Основы конструирования. Кн.2. М., «Машиностроение», 1972, 525с.
13. Сборник нормативно технических и руководящих документов: Ч. 3. Требования по стандартизации при проведении учебного процесса /Отв. за выпуск А. А. Ткаченко;Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1990. 68 с.
14. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов. 5-е изд. М.: Наука,1970. 544 с.

СХЕМЫ ИЗЛОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РАЗДЕЛОВ

ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Ниже приводятся рекомендуемые схемы изложения некоторых разделов пояснительной записки курсового проекта по дисциплине "Конструирование основных узлов и систем ДУ". Студентам предлагается при необходимости отдельные пункты изложения развернуть, другие сократить или исключить, однако все поставленные вопросы должны быть освещены.

Схемы изложения

1. Реферат

Курсовой проект по дисциплине "Конструирование основных узлов и систем ДУ" специальности 160700.68.

Пояснительная записка:..... стр., рис., табл., спецификация, источников.

Графическая часть: сборочный чертёж камеры двигателя.

Компоновка, пневмогидросхема, циклограмма, камера, смесительная головка, корпус камеры, расчёты теплозащиты, прочности элементов.

На основании данных работы [*] продолжено проектирование двигательной установки (ДУ): разработаны пневмогидравлическая система и её схема, циклограмма запуска и останова ДУ, функциональные схемы управления и регулирования ДУ, компоновка двигателя, конструкция камеры, выполнен сборочный чертёж камеры, произведены расчёты теплозащиты элементов камеры и их прочностной расчёт, рассмотрены вопросы изготовления деталей и сборки камеры.

* Ссылка на курсовую работу по кафедре ТДЛА.

2. Введение

Техническое задание на проектирование ДУ включало в себя следующие исходные данные:

Назначение ДУ.....

Тяга и пределы её изменения, K_n

Удельный импульс, H с/кг

Компоненты топлива.....

Среднее массовое соотношение компонентов топлива и пределы его изменения.....

Время работы ДУ при одном включении, с.....

Число включений в полёте.....

Число полётов ЛА с данной ДУ.....

Участие ДУ в системе управления ракетой.....

Основными требованиями при проектировании заданной ДУ является:

в зависимости от назначения –

в зависимости от вида применяемого топлива -

Результаты теоретического проектирования изложены в работе [*], где приведены сведения по анализу технического задания и выбору недостающих данных, термогазодинамический расчёт ДУ, расчёт размеров камеры и профилирование сопла, расчёт смесеобразования. Результаты дальнейшего проектирования изложены в данной пояснительной записке.

3. Описание двигательной установки

(функциональное проектирование)

Пневмогидравлическая схема двигательной установки (ДУ) показана на рис. ... , а перечень её агрегатов – в табл. 1.

В ДУ использован ЖРД ... (однокамерный или многокамерный, с дожиганием, без дожигания генераторного газа).

Предстартовый наддув баков осуществляется На основном режиме работы наддув баков обеспечивается

Продувка магистрали (горючего, окислителя) производится

Захолаживание насоса (насосов) происходит..... (если она необходима)..

Для зажигания топливной смеси в камере двигателя и в жидкостном газогенераторе использована система с ... (тип воспламенителя).

Управление вектором тяги двигателя по тангажу, рысканию и крену обеспечивается...(если ДУ участвует в управлении вектором тяги).

Циклограммы запуска и останова ДУ показаны на рис. , а функциональные схемы управления и регулирования – на рис. .

3. Описание конструкции камеры двигателя

Спецификация камеры приведена в приложении ... , её сборочный чертёж – в приложении

Камера двигателя изготовлена паяно-сварной и состоит из следующих сборочных единиц (СЕ):

Смесительная головка (приложение ... , поз. ...) имеет (описание составных частей головки, включая и все детали, расположенные на ней – штуцеры для замера, воспламенитель, коллектор, фланец, узлы крепления и т.д.).

Корпус камеры (приложение ... , поз. ...) разделен на две (три) сборочные единицы: ... (наименование единиц и их позиции).

Средняя часть камеры двухстенная и состоит из следующих сборочных единиц – (описание формы, конструкции сборочных единиц, из которых состоит средняя часть, и расположенных на ней деталей и узлов).

Сопловая часть камеры

Сопловой насадок

Материалы, применяемые для изготовления деталей камеры, приведены в таблице..

Наименование детали	Марка материала
Стенка камеры, внутреннее днище, форсунки	БрХ08
Корпус

4. Последовательность сборки камеры

Вначале производится изготовление деталей и сборка основных сборочных единиц (СЕ): смесительной головки и корпуса камеры.

(Далее приводится состав, особенности изготовления и последовательность сборки основных СЕ).

При сборке камеры основные СЕ последовательно соединяются сваркой кольцевыми швами. Технология выполнения этих кольцевых швов следующая: производится центровка свариваемых СЕ и совмещение кромок стыкуемых стенок (на приспособлении). Делается сварка встык стенок соединяемых СЕ. При этом электрод подводится к шву через кольцевой зазор между соединяемыми рубашками. После этого торцы переходных колец рубашки обрабатываются в соответствии с чертежом (см. сборочный чертёж, виды ...). Устанавливаются соединительные полукольца и производится их сварка с переходными кольцами.

В разработанной камере таким образом соединяются вначале сопловая и средняя часть, а затем к полученному корпусу присоединяется головка.

Далее описывается последовательность установки остальных элементов камеры, приведённых на сборочном чертеже, (например – опор, соплового насадка).

В описании последовательности сборки камеры следует указать:

1) между какими операциями на внутреннюю поверхность стенки наносится теплоизоляционное покрытие (если оно имеется);

2) когда привариваются опоры и когда окончательно обрабатываются их установочные поверхности.

Заканчивается описание сборки описанием контрольных технологических испытаний (гидроопрессовки, пневмоиспытаний и проливки).

5. Заключение

В данной записке изложены результаты работы, выполненной при проектировании заданной ДУ. Функциональное проектирование включало разработку ПГС ЖРД с рассмотрением последовательности запуска и оста-

новки двигателя, выбор функциональных схем управления и регулирования ЖРД и разработку схемы его компоновки.

Был разработан сборочный чертёж камеры, рабочий чертёж детали (форсунки), составлено описание конструкции камеры и рассмотрены вопросы изготовления деталей и сборки камеры. Работоспособность разработанной конструкции подтверждается проведёнными расчетами теплозащиты и прочности элементов камеры.

В отличие от аналогичных ЖРД (например, ...аналог можно выбрать в [4]) в спроектированном двигателе применены ... (указать отличия), что обеспечивает ...

Удельный импульс спроектированного ЖРД $J_y = \dots$, что (больше, меньше), чем у аналогичных двигателей. (Чем это можно объяснить).

