

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра ракетных двигателей

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»
для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных
и ракетных двигателей» очной формы обучения

Часть 1

Воронеж 2021

УДК 389:006:005.32(07)

ББК 30.10Я7

Составители:

К. В. Кружаев, В. С. Левин, Г. И. Скоморохов

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения: методические указания / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост.: К. В. Кружаев, В. С. Левин, Г. И. Скоморохов – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 40 с. – Часть 1.

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

В методических указаниях приводится порядок выполнения курсовой работы, содержатся рекомендации по её выполнению, указана рекомендуемая литература.

Издание предназначено для студентов очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ МСиИ КР Ч1.pdf

Библиогр: 14 назв. Ил. 23.

УДК 389:006:005.32(07)

ББК 30.10Я7

Рецензент – А. В. Кретинин, д-р техн. наук, проф. кафедры нефтегазового оборудования и транспортировки

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

В современной рыночной экономике жизнеспособность предприятия определяется конкурентоспособностью выпускаемой продукции. Одним из главных факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции, работ и услуг, является их качество. Инструментами обеспечения качества являются - стандартизация, взаимозаменяемость, метрология, технические измерения и сертификация продукции, работ и услуг. На основе стандартизации сформированы принципы и нормативные акты взаимозаменяемости, метрологии, технических измерений, систем управления качеством и сертификации.

Во всех отраслях народного хозяйства метрологическое обеспечение помогает решать множество задач производственного и общественного характера, рассматривается как средство решения задач улучшения качества продукции. Без точной и объективной измерительной информации невозможно обеспечить эффективность производства и высокое качество продукции.

В условиях жесткой конкуренции существенно возрастают требования к эффективности использования продукции за счет повышения качества, экономичности, обусловленные обеспечением взаимозаменяемости. Продукция должна быть конкурентоспособной, обладать необходимыми потребительскими свойствами, а для выхода на внешний рынок – сертификационной.

Освоение дисциплин, в которых изучаются вопросы нормирования точности, стандартизации и взаимозаменяемости является частью профессиональной подготовки инженеров. Знания, полученные студентами при изучении данных дисциплин, закрепляются, получают новое и более полное развитие при выполнении курсовых и дипломных проектов. Закрепление теоретических положений курса, развитие навыков использования справочного материала и умения проводить инженерные расчеты при решении типовых конструкторских и технологических задач является основной целью настоящего методического указания.

В методическом указании изложены теоретические сведения по вопросам стандартизации и взаимозаменяемости деталей агрегатов ЖРД, выбору посадок, расчёту подшипников скольжения, определению параметров элементов соединений, осуществляемых селективной сборкой, принципы построения размерных цепей. Приведены примеры выполнения сборочных чертежей и типовых деталей, расчета и выбора допусков расположения, формы и шероховатости поверхности, а также задания на курсовую работу и примеры их выполнения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Основная цель курсовой работы – приобретение студентами навыков проведения расчетов при решении типовых инженерных задач с использованием государственных стандартов, учебной и справочной литературы.

Задача курсовой работы – освоение правил выполнения чертежей деталей машин, приёмов нормирования точности типовых деталей, методов выбора и расчёта допусков расположения формы и шероховатости поверхности, методов построения и расчёта размерных цепей.

Выполняемая курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части, которые оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД.

Тематика курсовой работы ограничивается различными типами сборочных единиц агрегатов автоматики и управления ЖРД, включающих: соединения с зазором и натягом, резьбовые и сварные соединения, подшипники скольжения, элементы селективной сборки и др.

Содержание курсовой работы. Курсовая работа охватывает важнейшие разделы дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» и включает 6 заданий: Задание 1. Выполнение сборочного чертежа и рабочих чертежей деталей агрегата автоматики ЖРД; Задание 2. Определение параметров и построение полей допусков элементов гладких соединений; Задание 3 – 6 приведено во 2 части Методических указаний.

Общие указания по выполнению курсовой работы. Курсовая работа должна быть оформлена в виде расчетно-пояснительной записки, оформленной в соответствие со стандартом СТП ВГТУ 62-2007 (прил. 3 [1]).

Расчетно-пояснительная записка объемом от 20 до 30 страниц содержит: титульный лист (прил. 2 [2]); задание на курсовую работу; лист «Замечания руководителя»; содержание; введение; основную часть (конструкторскую, технологическую, расчетную, исследовательскую); заключение; список литературы; приложения (при необходимости).

Текст выполняется с использованием компьютера и принтера – в редакторе Microsoft Word: шрифт Times New Roman, размер – 14, цвет шрифта – черный, междустрочный интервал – полуторный, отступ первой строки (абзацный отступ) 1,25 см, выравнивание текста – по ширине, расстановка переносов по тексту – автоматическая, в режиме качественной печати.

Выбор варианта задания. Исходные данные для выполнения курсовой работы приведены в табл. 1 и прил. 1. Каждая таблица содержит десять вариантов заданий. Варианты заданий выбираются по последней цифре зачётной книжки. **Последняя цифра шифра** – номер рисунка, на котором представлен чертёж изделия (прил. 1), и номер варианта задания в соответствующей таблице заданий – табл. 1.

Варианты к заданиям №1, №2

| № варианта | Задание №1 | | Задание № 2 | |
|------------|---------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | Номер рисунка | Позиции чертежей деталей | Посадка №1 | Посадка №2 |
| 1 | Рис. П. 1.1 | Поз. 4, 9 | $\varnothing 30 \frac{H6}{g5}$ | $\varnothing 30 \frac{H6}{js5}$ |
| 2 | Рис. П. 1.2 | Поз. 7, 9 | $\varnothing 35 \frac{H7}{g6}$ | $\varnothing 35 \frac{H6}{k5}$ |
| 3 | Рис. П. 1.3 | Поз. 1 | $\varnothing 40 \frac{H7}{f7}$ | $\varnothing 40 \frac{H6}{m5}$ |
| 4 | Рис. П. 1.4 | Поз. 6 | $\varnothing 45 \frac{H7}{e8}$ | $\varnothing 45 \frac{H7}{js6}$ |
| 5 | Рис. П. 1.5 | Поз. 4, 6 | $\varnothing 50 \frac{H8}{f7}$ | $\varnothing 50 \frac{H7}{k6}$ |
| 6 | Рис. П. 1.6 | Поз. 2, 3 | $\varnothing 50 \frac{H8}{e8}$ | $\varnothing 50 \frac{H7}{m6}$ |
| 7 | Рис. П. 1.7 | Поз. 3, 5 | $\varnothing 55 \frac{H8}{d9}$ | $\varnothing 55 \frac{H7}{n6}$ |
| 8 | Рис. П. 1.8 | Поз. 1, 7 | $\varnothing 70 \frac{H8}{f7}$ | $\varnothing 70 \frac{H8}{js7}$ |
| 9 | Рис. П. 1.9 | Поз. 1, 4 | $\varnothing 70 \frac{H9}{f8}$ | $\varnothing 70 \frac{H8}{k7}$ |
| 0 | Рис. П. 1.10 | Поз. 1, 5 | $\varnothing 90 \frac{H9}{d9}$ | $\varnothing 90 \frac{H8}{n7}$ |

2. ЗАДАНИЕ № 1. ВЫПОЛНЕНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА И РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТА АВТОМАТИКИ ЖРД

Цель задания: Изучить общие положения и правила выполнения сборочных чертежей агрегатов и их деталей. Изучить основную терминологию курса, научиться проставлять на чертежах линейные размеры, допуски и посадки соединений, допуски формы, расположения и шероховатости поверхности.

2.1. Теоретические сведения. Правила изображения деталей на чертежах

Чертеж каждой детали выполняют на листе формата, установленного

стандартом, и помещают основную надпись (угловой штамп).

Деталь изображают на чертеже в положении, при котором наиболее удобно его читать, то есть в положении, в котором деталь устанавливают на станке. В частности, ось детали, представляющей тело вращения (вал, зубчатое колесо, стакан, втулка и др.), располагают параллельно основной надписи.

Чертеж детали должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

На чертежах деталей не допускается помещать технологические указания. В частности, центровые отверстия на чертежах деталей не изображаются и в технических требованиях никаких указаний не приводят, если наличие их конструктивно безразлично. Когда обработка отверстий в деталях под винты, штифты и другие крепежные детали должна производиться при сборке, на чертежах эти отверстия не изображают и никаких указаний в технических требованиях не помещают. Все необходимые данные для обработки таких отверстий располагают на чертеже сборочной единицы.

2.2. Рекомендации по рациональной простановке линейных размеров

При простановке размеров следует учитывать характер производства, методы формообразования заготовок и технологию изготовления деталей. Все номинальные размеры, проставляемые на чертежах, можно разделить на три категории.

Сопряженные – размеры, принадлежащие одновременно двум сопряженным деталям.

Цепные – размеры, образующие сборочные размерные цепи.

Свободные – размеры, не вошедшие в сопряженные и цепные.

Основной принцип простановки размеров на рабочих чертежах деталей следующий: сопряженные и цепные размеры берут из сборочного чертежа и проставляют на рабочих чертежах деталей; свободные размеры проставляют с учетом последовательности их получения при формообразовании деталей и удобства контроля.

Ниже даны основные указания по рациональной простановке размеров на рабочих чертежах деталей.

1) Количество размеров на чертеже должно быть достаточным для изготовления и контроля деталей.

2) Каждый размер следует приводить на чертеже лишь один раз.

3) Цепь размеров на чертеже детали не должна быть замкнута.

Замыкающий размер получается автоматически при формообразовании детали. В этом размере накапливаются погрешности изготовления детали по составляющим размерам. Поэтому в качестве замыкающего выбирают наименее ответственный размер детали.

4) Проставлять размеры надо так, чтобы наиболее точный размер имел наименьшую накопленную ошибку при изготовлении детали.

В машиностроении применяют цепной, координатный и комбинированный методы простановки размеров.

При цепном методе простановки (рис. 2.1, а) ошибки в предыдущих размерах l_1 и l_2 не влияют на размер l_3 , но ошибка в ориентации относительно базы А накапливается. Точную ориентацию элементов относительно базы А обеспечивает координатный метод простановки размеров (рис. 2.1, б), но в этом случае ошибка между элементами равна сумме ошибок соответствующих координатных размеров. На рисунке 1, в показан комбинированный метод простановки размеров.

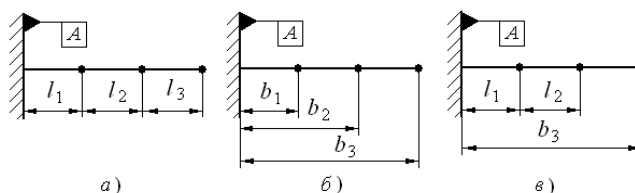


Рис. 2.1. Методы простановки размеров:
а – цепной; б – координатный; в – комбинированный

5) На чертежах деталей, представляющих собой тела вращения, осевые размеры следует располагать под изображением детали.

6) Размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу, следует группировать в одном месте, например, размеры канавок для выхода шлифовального круга, что облегчает чтение чертежа, а также профилирование специального режущего инструмента - канавочного резца.

7) При наличии у деталей фасок или канавок для выхода инструмента размеры следует проставлять до буртиков или до торцов детали, так как эти элементы, как правило, обрабатываются после получения основных поверхностей (рис. 2.2).

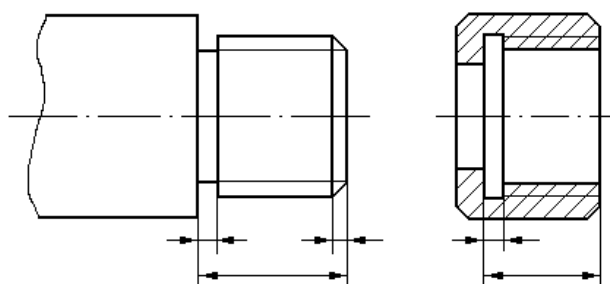


Рис. 2.2. Простановка размеров фасок и канавок

2.3. Правила и рекомендации по указанию допусков и предельных отклонений

Геометрическая точность деталей оценивается следующими параметрами: точностью размеров элементов; точностью их взаимного расположения; точностью формы поверхностей элементов (макрогеометрией

поверхностей); шероховатостью поверхности (микрогеометрией).

При проектировании деталей задают не только размеры элементов, но и предельные отклонения по всем четырем геометрическим параметрам.

Предельные отклонения размеров:

1) Для всех размеров, нанесенных на чертежах, указываются предельные отклонения. Допускается не указывать предельные отклонения на размерах, определяющих зоны одной и той же поверхности с различной шероховатостью, термообработкой и т.п. В этих случаях у размеров ставится знак \approx .

2) Предельные отклонения сопряженных размеров должны соответствовать посадкам, указанным на сборочных чертежах. Их наносят на чертежи одним из трех способов, установленных [3]:

- условными обозначениями полей допусков - $25h6; 40R7$;

- числовыми значениями предельных отклонений - $25_{-0.013}; 40_{-0.018}^{+0.007}$;

- условными обозначениями полей допусков с указаниями в скобках числовых значений предельных отклонений - $25h6(-0.013); 40K7(-0.018)^{+0.007}$.

3) Предельные отклонения размеров, входящих в размерные цепи, указываются в соответствии с результатами расчета размерных цепей.

4) Предельные отклонения свободных размеров назначаются, как правило, по квалитетам от 12-го и грубее и оговариваются общей записью в технических требованиях, например: $H14; h14; \pm \frac{IT14}{2}$, которая означает, что отверстия должны быть выполнены по $H14$, валы – по $h14$, а элементы, не относящиеся к отверстиям и валам, - с симметричными предельными отклонениями $\pm \frac{IT14}{2}$.

Предельные отклонения радиусов закругления, фасок и углов не оговариваются отдельно. При необходимости их числовые значения определяются по таблицам [4] в зависимости от квалитета или класса, указанного в общей записи. Отклонения свободных размеров, получаемых обработкой резанием, предпочтительно назначать по 14-му квалитету.

2.4. Допуски формы и расположения поверхностей

Числовые значения допусков в зависимости от степени точности устанавливаются в соответствии с [5].

1) Непосредственно на чертежах должны указываться лишь те допуски формы и расположения, которые по конструктивным или техническим причинам должны быть меньше, а в отдельных случаях - больше, чем неуказанные.

2) Все допуски формы и расположения подразделяются на две группы: ограничиваемые полем допуска размера и непосредственно не ограничиваемые полем допуска размера.

К первой группе, согласно [5] относятся допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, плоскостности, прямолинейности и параллельности. На допуски первой группы распространяется правило о том, что если допуски формы и расположения не указаны, то они должны быть ограничены полем допуска размера.

Отклонения формы и расположения второй группы не входят составной частью в погрешность размера соответствующих элементов и не выявляются при контроле размера. Поэтому эти отклонения всегда должны быть ограничены отдельными допусками.

2.5. Шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности регламентируется следующими стандартами: [6]. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики; [7]. Шероховатость поверхности. Термины и определения; [8]. Обозначение шероховатости поверхностей.

Шероховатость поверхности и ее влияние на работу деталей машин.

В процессе формообразования деталей на их поверхности появляется шероховатость - ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров.

Влияние шероховатости на работу деталей машин многообразно:

- шероховатость поверхности может нарушать характер сопряжения деталей за счет смятия или интенсивного износа выступов профиля;
- в стыковых соединениях из-за значительной шероховатости снижается жесткость стыков;
- шероховатость поверхности валов разрушает контактирующие с ними различного рода уплотнения;
- неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают усталостную прочность деталей;
- шероховатость влияет на герметичность соединений, на качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- шероховатость влияет на точность измерения деталей;
- коррозия металла возникает и распространяется быстрее на грубо обработанных поверхностях и т.п.

Параметры шероховатости поверхности. Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля (рис. 2.3), получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью. Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами ее рассматривают в пределах базовой длины l .

Базой для отсчета отклонений профиля является средняя линия профиля $m-m$ – линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии минимально.

В [8] установлены следующие параметры шероховатости.

1) Среднее арифметическое отклонение профиля R_a (2.1) - это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx, \quad (2.1)$$

где l – базовая длина; y – отклонение профиля (расстояние между любой точкой профиля и базовой линией $m-m$).

При дискретном способе обработки профилограммы параметр R_a рассчитывают по формуле (3.2):

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (2.2)$$

где y_i – измеренные отклонения профиля в дискретных точках; n – число измеренных дискретных отклонений на базовой длине.

2) Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z (2.3) - это сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + |y_{vi}|}{5}, \quad (2.3)$$

где y_{pi} - высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{vi} - глубина i -ой наибольшей впадины профиля.

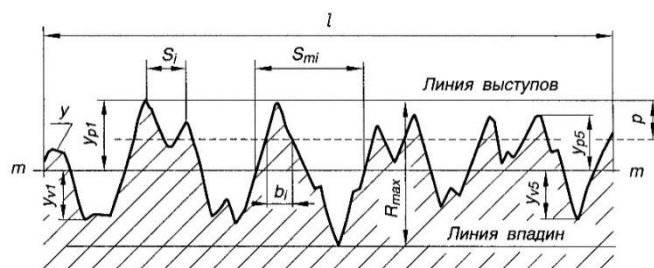


Рис. 2.3. Наибольшая высота неровностей профиля

3) Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} - расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (рис. 3.3).

4) Средний шаг неровностей профиля S_m - среднее значение шага

неровностей профиля в пределах базовой длины (рис. 2.3).

5) Средний шаг местных выступов S - среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины (см. рис. 2.3).

б) Относительная опорная длина профиля t_p - отношение опорной длины профиля к базовой длине (2.4):

$$t_p = \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \right) \cdot 100\% , \quad (2.4)$$

где $\sum_{i=1}^n b_i$ - опорная длина профиля (сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне p в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины).

Кроме перечисленных шести количественных параметров стандартом установлены два качественных параметра.

1) Вид обработки. Указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определенным способом.

2) Тип направлений неровностей. Выбирается из таблицы. Указывается только в ответственных случаях, когда это необходимо по условиям работы детали или сопряжения.

Нормирование параметров шероховатости. Выбор параметров шероховатости поверхности производится в соответствии с ее функциональным назначением. Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр Ra , который лучше отражает отклонения профиля, поскольку определяется по значительно большему числу точек, чем Rz .

Параметр Rz нормируется в тех случаях, когда прямой контроль Ra с помощью профилометров невозможен (режущие кромки инструментов). Числовые значения параметров Ra и Rz приведены в [8]. Следует применять в первую очередь предпочтительные значения шероховатости.

В настоящее время существует несколько способов назначения шероховатости поверхности.

Имеются рекомендации по выбору числовых значений для наиболее характерных видов сопряжений, часть которых приведена в табл. 2.

Таблица 2

Числовые значения для наиболее характерных видов сопряжений

| Характеристика поверхности | Значение параметра Ra , мкм |
|---|-------------------------------|
| Посадочные поверхности подшипников скольжения | 0.4...0.8 |
| Поверхности деталей в посадках с натягом | 0.8...1.6 |
| Поверхности валов под уплотнения | 0.2...0.4, полировать |

Обозначение шероховатости поверхностей. Шероховатость поверхности обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 2.4.

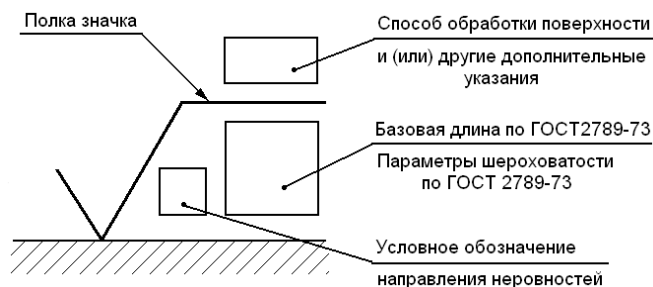


Рис. 2.4. Структура обозначения шероховатости поверхности

Для обозначения на чертежах шероховатости поверхности применяют знаки, приведенные на рис. 2.5.

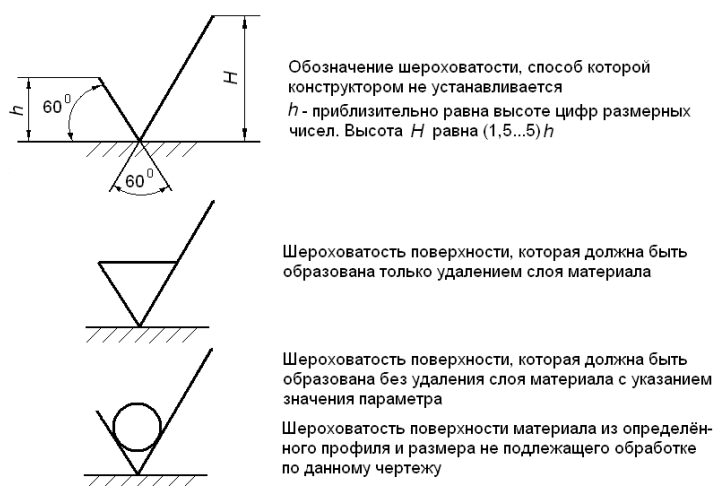


Рис. 2.5. Обозначение на чертежах шероховатости поверхности

Значение параметра шероховатости указывают после соответствующего символа, например: $Ra0,4$; $R_{max} 6,3$; $Sm0,63$; $t_{50} 70$; $S0,032$; $Rz50$.

При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений, например: $\sqrt{Ra0,4}$; $\sqrt{Rz50}$.

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записываются сверху вниз в следующем порядке:

| | |
|---------------------------|--|
| $Ra\ 0,1$ | – параметр высоты неровностей профиля; |
| $0,8 / Sm\ 0,063$ | – параметр шага неровностей профиля; |
| $0,044$ | |
| $0,25 / t_{50} 80 + 10\%$ | – относительная опорная длина профиля. |

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, помещают в правом верхнем углу чертежа вместе с условным знаком обозначения шероховатости в скобках (\surd). Знак в скобках означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед скобками (рис. 2.6).

Параметры шероховатости поверхности, их нормирование, обозначение и изображение на чертежах рассмотрены в [9] «Шероховатость поверхности». Числовые значения параметров шероховатости приведены в [8].

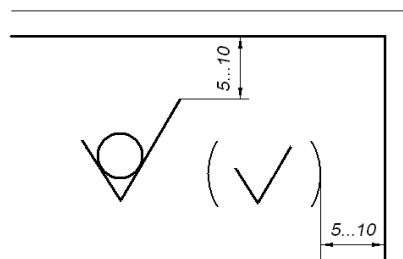


Рис. 2.6. Обозначение шероховатости

2.6 .Резьба метрическая

Метрическая цилиндрическая резьба применяется главным образом в качестве крепежной и разделяется на резьбу с крупным шагом диаметром 1...64 мм и резьбу с мелким шагом диаметром 1...600 мм.

При равных наружных диаметрах метрические резьбы с мелким шагом отличаются от резьб с крупным шагом меньшей высотой профиля и меньшим углом подъема резьбы. Поэтому резьбы с мелким шагом рекомендуется применять при малой длине свинчивания, на тонкостенных деталях, а также при переменной нагрузке, толчках и вибрациях. Резьбы с крупным шагом рекомендуется применять для соединения деталей, не подвергающихся таким нагрузкам, так как они менее надежны при переменной нагрузке и вибрациях и более склонны к самоотвинчиванию.

Основные параметры метрических резьб. К основным параметрам цилиндрических резьб относятся (рис. 2.7): $d(D)$ - наружный диаметр резьбы соответственно болта и гайки; $d_1(D_1)$ - внутренний диаметр резьбы соответственно болта и гайки; $d_2(D_2)$ - средний диаметр резьбы соответственно болта и гайки; P - шаг резьбы; α - угол профиля резьбы, для метрических

резьб $\alpha = 60^\circ$.

Значения основных параметров метрических резьб по [10].

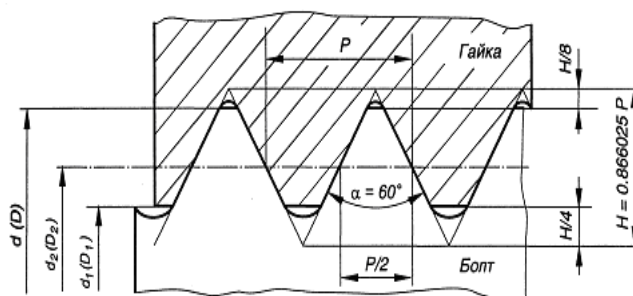


Рис. 2.7. Основные параметры цилиндрических резьб

Предельные отклонения метрической резьбы. Резьбы при свинчивании контактируют только боковыми сторонами профиля, поэтому только средний диаметр, шаг и угол профиля резьбы определяют характер сопряжения в резьбе. Для компенсации накопленной погрешности шага и погрешности угла профиля производят смещение действительного среднего диаметра резьбы. Вследствие взаимосвязи между отклонениями шага, угла профиля и собственно среднего диаметра, допускаемые отклонения этих параметров раздельно не нормируют. Устанавливают только суммарный допуск на средний диаметр болта T_{d2} и гайки T_{D2} , который включает допускаемые отклонения собственно среднего диаметра и диаметральные компенсации погрешности шага и угла профиля.

Кроме этого, задается допуск на наружный диаметр болта d и внутренний диаметр у гайки D , т. е. на диаметры, которые формируются перед нарезанием резьбы и при измерении готовых изделий наиболее доступны.

Поля допусков основного отбора метрической резьбы для посадок с зазором по [11]. Цифры обозначают степень точности, а буквы — основное отклонение.

Длина свинчивания в силу конструктивных особенностей резьбовых соединений оказывает влияние на качество и характер сопряжения. Установлено три группы длин свинчивания: S — короткие, N — нормальные и L — длинные.

К группе N относятся резьбы с длиной свинчивания l — $2,24 \cdot P \cdot d^{0,2} < l < 6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$. Длины свинчивания менее $l \leq 2,24 \cdot P \cdot d^{0,2}$ относятся к группе S , а длины свинчивания более $l \geq 6,7 \cdot P \cdot d^{0,2}$ — к группе L .

Точные значения длин свинчивания установлены [11].

Класс точности — понятие условное (на чертежах указывают поля допусков); и его используют для сравнительной оценки точности резьбы. Точный класс рекомендуется для ответственных резьбовых соединений. Средний класс — для резьб общего назначения. Грубый класс — для резьб, нарезаемых на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях и т.п.

Обозначение точности и посадок резьбы. Обозначение поля допуска диаметра резьбы (рис. 3.8) состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение (например, $6h$, $6g$, $6H$).

Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов (например, $7g6g$; $5H6H$). Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, его в обозначении поля допуска резьбы не повторяют (например, $6g$, $6H$).

Если длина свинчивания отличается от нормальной, ее указывают в обозначении резьбы.

Размеры проточек для наружной и внутренней метрической резьбы выбирать по [12].

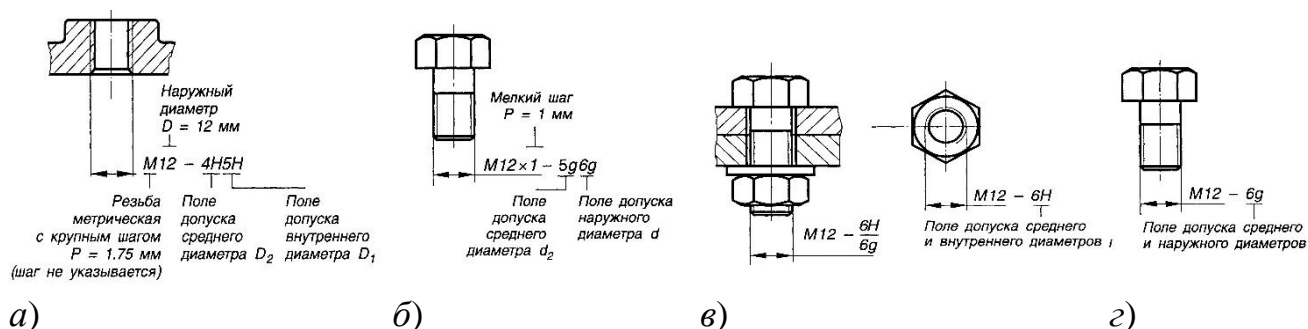


Рис. 2.8. Обозначение точности и посадок резьбы

Примеры:

1) $M24 \times 1,5 - 7g6g - R - 50$ (резьба метрическая: наружный диаметр 24 мм; шаг 1,5 мм; поле допуска на средний диаметр $7g$; поле допуска на наружный диаметр $6g$; R — резьба с закругленной впадиной; длина свинчивания 50 мм).

2) $M12 \times 1 LH - 6H/6g$ (LH — резьба левая; $6H$ — поля допусков среднего и внутреннего диаметров гайки; $6g$ — поля допусков среднего и наружного диаметров болта).

2.7. Пример выполнения задания №1

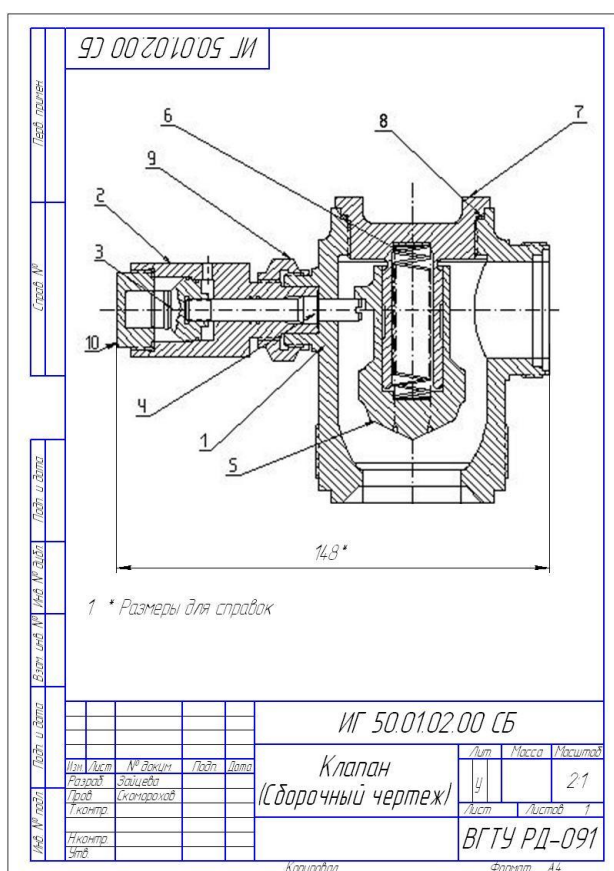
Дано: Изделие – «Клапан отсечной с пироприводом».

Необходимо:

- 1) Выполнить сборочный чертёж изделия - «Клапан отсечной с пироприводом» (рис. 2.9 а).
- 2) Описать назначение и принцип работы агрегата.
- 3) Составить спецификацию (рис. 2.9 б).
- 3) Выполнить рабочие чертежи деталей. Проставить на чертеже линейные размеры, допуски и предельные отклонения посадок, шероховатость поверхности (рис. 2.10 а, 2.10 б).

Назначение и принцип работы агрегата. Пироклапан (рис. 2.9 а) предназначен для перекрытия линии подачи компонента топлива в камеру сгорания при выключении двигателя. Для срабатывания пироклапана применен пиропатрон, устанавливаемый в гнездо угольника 2.

В открытом положении (до начала пуска, а также в процессе его работы) клапан 5 удерживается чекой 4. При подаче напряжения на пиропатрон происходит воспламенение его заряда; силой давления продуктов сгорания на поршень 3 срезается уплотнительный буртик чеки 4, которая выходит из зацепления с клапаном 5 и заклинивается по конусной поверхности в угольнике 2. Под действием силы пружины 6 и перепада давлений клапан 5 перемещается и заклинивается в седле, выполненном в выходном штуцере корпуса 1, прекращая доступ компонента топлива в камеру сгорания.



а)

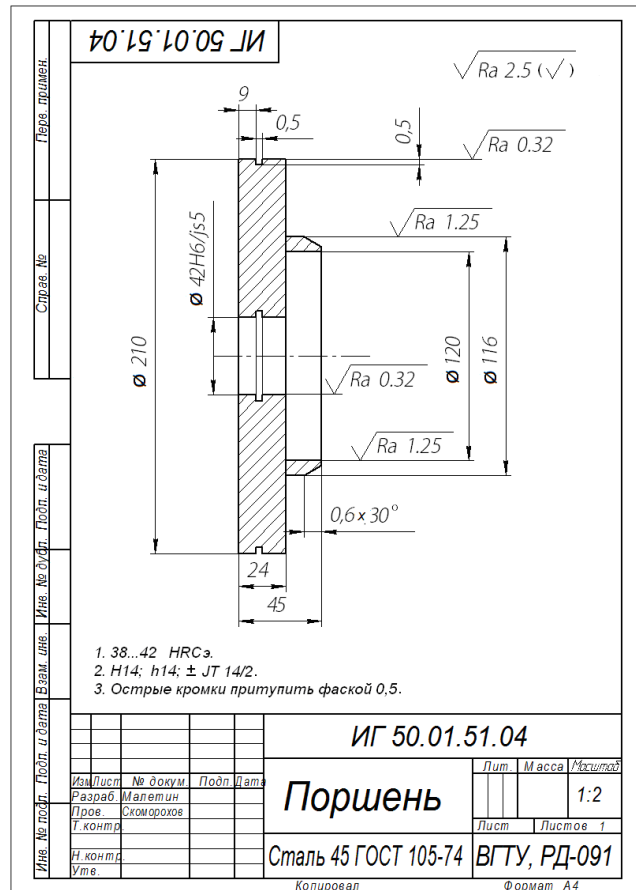
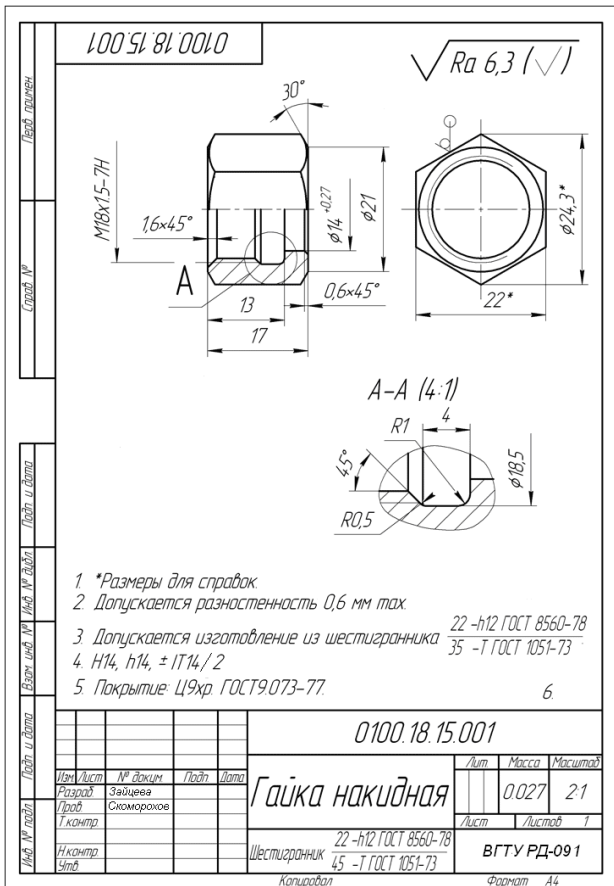
| Код документа | Лист | Обозначение | Наименование | Лист | Примечание |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------|------------|
| | | | Документация | | |
| | | ИГ 50.0102.00 СБ | Чертеж сборочный | | |
| | | | Детали | | |
| 1 | ИГ 50.0102.00 01 | Корпус | 1 | | |
| 2 | ИГ 50.0102.00 02 | Угольник | 1 | | |
| 3 | ИГ 50.0102.00 03 | Поршень | 1 | | |
| 4 | ИГ 50.0102.00 04 | Чека | 1 | | |
| 5 | ИГ 50.0102.00 05 | Клапан | 1 | | |
| 6 | ИГ 50.0102.00 06 | Пружина | 1 | | |
| 7 | ИГ 50.0102.00 07 | Крышка клапана | 1 | | |
| 8 | ИГ 50.0102.00 08 | Уплотнитель | 1 | | |
| 9 | ИГ 50.0102.00 09 | Гайка зажимная | 1 | | |
| 10 | ИГ 50.0102.00 10 | Седло угольника | 1 | | |

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Лит. | Масса | Масштаб |
|-------------|------|---------------|-------|-------------|------|-------|---------|
| | | ИГ 50.0102.00 | | | 1 | | 2:1 |
| Исполнитель | | | | ВГТУ РД-091 | | | |
| Лист | | | | Листов 1 | | | |

б)

Рис. 2.9. Изделие – «Клапан отсечной с пиропроводом»: а – клапан отсечной с пиропроводом; б – спецификация изделия

Чертежи деталей выполняются на листах формата А4 (А3) с угловым штампом. На чертеже необходимо проставить все необходимые линейные размеры, допуски и предельные отклонения посадок, допуски формы и расположения, шероховатость поверхностей.



а) б)

Рис. 2.10. Изделие – «Клапан отсечной с пироприводом»:
 а – гайка накидная; б – поршень

2.8. Контрольные вопросы к заданию № 1

1. Назначение и принцип действия агрегата автоматики.
2. Правила изображения деталей на чертежах.
3. Рекомендации по рациональной простановке линейных размеров.
4. Правила и рекомендации по указанию допусков и предельных отклонений.
5. Правила и рекомендации по указанию допусков формы и расположения.
6. Нормирование, обозначение и изображение шероховатости на чертежах.
7. В каком положении изображают деталь на чертеже?
8. Какое количество размеров должно быть на чертеже?

3. ЗАДАНИЕ № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель задания:

- Изучить основную стандартную терминологию курса и научиться определять отклонения, допуск размера, предельные размеры, предельные зазоры или натяги соединения, допуск посадки.
- Научиться давать характеристику посадки и правильно проставлять отклонения размеров на сборочных чертежах и чертежах деталей.
- Научиться выбирать измерительные средства для контроля размеров гладких цилиндрических деталей.

3.1. Теоретические сведения. Определения и термины, вошедшие в раздел, по [3]

Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. п.) в выбранных единицах измерения.

Действительный размер – размер элемента, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Квалитет – совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок.

Вал – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Отверстие – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Посадка – характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Допуск посадки – сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

Зазор (S) – разность между размерами отверстия и вала до сборки, если отверстие больше размера вала.

Натяг (N) – разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

Посадка с зазором – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т. е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала.

Посадка с натягом – посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т. е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему. При графическом

изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала.

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга в соединении в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. При графическом изображении поля допусков отверстия и вала перекрываются полностью или частично.

При изготовлении деталей размеры D и d выполняются с погрешностями. Конструктор устанавливает два предельных размера для вала – d_{\max} , d_{\min} и два предельных размера для отверстия – D_{\max} , D_{\min} , внутри которых должны находиться действительные размеры сопрягаемых деталей. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется **допуском** - T_d и T_D .

Один общий размер для вала и отверстия называется **номинальным** - D . От него указываются предельные отклонения (рис. 3.1).

Верхнее отклонение ES (3.1), es (3.2) - алгебраическая разность между наибольшим и номинальным размерами:

$$ES = D_{\max} - D, \quad (3.1)$$

$$es = d_{\max} - D. \quad (3.2)$$

Нижнее отклонение EI (3.3), ei (3.4) - алгебраическая разность между наименьшим и номинальным размерами

$$EI = D_{\min} - D, \quad (3.3)$$

$$ei = d_{\min} - D. \quad (3.4)$$

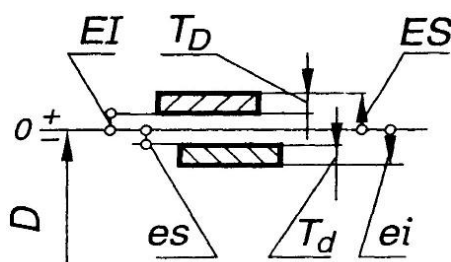


Рис. 3.1. Графическое изображение полей допусков

Поле допуска - поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно нулевой линии, соответствующей номинальному размеру.

Графическое изображение полей допусков посадки с зазором приведено на рис. 3.1. Чем уже поле между верхним и нижним отклонениями, тем выше при прочих равных условиях степень точности, которая обозначается цифрой и называется качеством.

Положение допуска относительно нулевой линии определяется *основным отклонением* - одним из двух предельных отклонений, ближайшим к нулевой линии, и обозначается одной из букв латинского алфавита. Прописные буквы относятся к *отверстиям*, а строчные - к *валам*.

3.2. Пример выполнения задания № 2

Дано: две посадки цилиндрического соединения (выбираются из таблицы № 1 вариантов заданий по последней цифре шифра):

$$\text{№1} - \varnothing 25 \frac{H7}{f6}; \quad \text{№2} - \varnothing 25 \frac{H7}{k6};$$

Необходимо:

- 1) Определить для каждой посадки значения основных параметров отверстия и вала. Рассчитать параметры посадки. Дать характеристику посадки.
- 2) Вычертить схемы полей допусков соединения.
- 3) Выбрать инструменты для измерения размеров деталей, составляющих соединение.

Последовательность выполнения задания № 2

- 1) **Расчёт параметров посадки №1 - $\varnothing 25 \frac{H7}{f6}$ и построение полей допусков.**

Определяем значения основных параметров полей допусков отверстия, вала и посадки №1 - $\varnothing 25 \frac{H7}{f6}$. Обозначение посадки с условным обозначением полей допуска и числовым значением предельных отклонений определяем по [3], [13], [14], [4] $\varnothing 25 \frac{H7^{(+0,021)}}{f6^{(-0,020)}}$ Значения параметров отверстия и вала сводим в табл. 3.

Таблица 3

Сводная таблица параметров отверстия и вала для посадки $\varnothing 25 H7/f6$

| Параметры посадки | Отверстие $\varnothing 25 H7$ | Вал $\varnothing 25 f6$ |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Номинальный размер, мм | $D = 25$ | $d = 25$ |
| Нижнее отклонение, мкм | $EI = 0$ | $ei = -33$ |
| Верхнее отклонение, мкм | $ES = +21$ | $es = -20$ |
| Основное отклонение, мкм | $EI = 0$ | $es = -20$ |
| Допуск, мкм | $TD = 21$ | $Td = 13$ |

По данным из табл. 3 строим схемы полей допусков соединения на листе

формата А4 (рис. 3.2), и выполняем расчёт значений предельных размеров, допусков и зазоров отверстия и вала, допуск посадки.

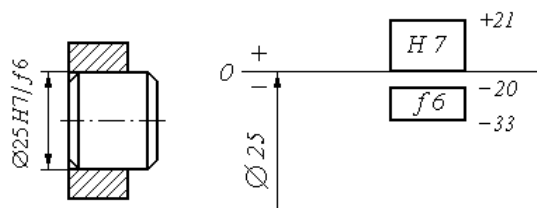


Рис. 3.2. Схема полей допусков для посадки $\varnothing 25 H7/f6$

Расчёт предельных размеров вала и отверстия:

$$D_{\max} = D + ES = 25 + 0,021 = 25,021 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = D + EI = 25 + 0 = 25,000 \text{ мм},$$

$$d_{\max} = d + es = 25 + (-0,020) = 24,980 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = d + ei = 25 + (-0,033) = 24,967 \text{ мм}.$$

Расчёт допусков размеров вала и отверстия:

$$TD = ES - EI = +21 - 0 = 21 \text{ мкм},$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 25,021 - 25,000 = 0,021 \text{ мм},$$

$$Td = es - ei = -20 - (-33) = 13 \text{ мкм},$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 24,980 - 24,967 = 0,013 \text{ мм}.$$

Расчёт величин предельных зазоров (натягов):

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 25,021 - 24,967 = 0,054 \text{ мм},$$

$$S_{\max} = ES - ei = 21 - (-33) = 54 \text{ мкм},$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 25,000 - 24,980 = 0,020 \text{ мм},$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,020) = 20 \text{ мкм}.$$

Расчёт допуска посадки:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,054 - 0,020 = 0,034 \text{ мм},$$

$$TS = TD + Td = 21 + 13 = 0,034 \text{ мм}.$$

Характеристика посадки. Посадка $\varnothing 25 \frac{H7(+0,021)}{f6(-0,020)}$ с номинальным

диаметром соединения $\varnothing 25$ мм выполнена в системе отверстия, с зазором, комбинированная по квалитетам: отверстие - H7, вал - f6.

2) Расчёт параметров посадки №2 - $\varnothing 25 \frac{H7(+0,021)}{k6(+0,015)}$ и построение полей допусков

допусков

Таблица 4

Сводная таблица параметров отверстия и вала для посадки $\varnothing 25 H7/k6$

| Параметры посадки | Отверстие $\varnothing 25 H7$ | Вал $\varnothing 25 k6$ |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Номинальный размер, мм | $D = 25$ | $d = 25$ |
| Нижнее отклонение, мкм | $EI = 0$ | $ei = +2$ |
| Верхнее отклонение, мкм | $ES = +21$ | $es = +15$ |
| Основное отклонение, мкм | $EI = 0$ | $ei = +2$ |
| Допуск, мкм | $TD = 21$ | $Td = 13$ |

По данным из табл. 4 строим схемы полей допусков соединения на листе формата А4 (рис. 3.3), и выполняем расчёт значений предельных размеров, допусков и зазоров отверстия и вала, допуск посадки.

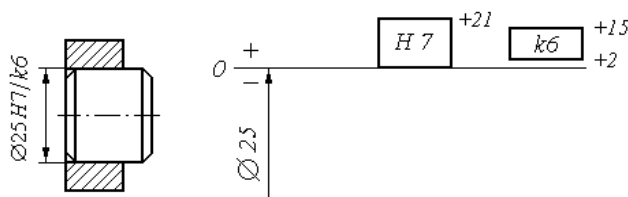


Рис. 3.3. Схема полей допусков для посадки $\varnothing 25 H7/k6$

Расчёт предельных размеров вала и отверстия:

$$D_{\max} = D + ES = 25 + 0,021 = 25,021 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = D - EI = 25 + 0 = 25,000 \text{ мм},$$

$$d_{\max} = d + es = 25 + 0,015 = 25,015 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = d + ei = 25 + 0,002 = 25,002 \text{ мм}.$$

Расчёт допусков размеров вала и отверстия:

$$TD = ES - EI = 21 - 0 = 21 \text{ мкм},$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 25,021 - 25,000 = 0,021 \text{ мм},$$

$$Td = es - ei = 15 - 2 = 13 \text{ мкм},$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 25,015 - 25,002 = 0,013 \text{ мм}.$$

Расчёт величин предельных зазоров (натягов):

$$N_{\max} = es - EI = +15 - 0 = 15 \text{ мкм},$$

$$N_{\min} = ei - ES = +2 - 21 = -19 \text{ мкм},$$

$$-N_{\min} = S_{\max}.$$

Расчёт допуска посадки:

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 15 - (-19) = 34 \text{ мкм},$$

$$TN = TD + Td = 21 + 13 = 34 \text{ мкм}.$$

Характеристика посадки. Посадка $\text{H}7 \begin{matrix} (+0,021) \\ k6 \end{matrix} \begin{matrix} (+0,015) \\ (+0,002) \end{matrix}$ с номинальным

диаметром соединения $\text{H}7$ мм выполнена в системе отверстия, переходная, комбинированная по квалитетам: отверстие - $\text{H}7$, вал - $k6$.

3) Выбор средств измерения.

Для измерений размеров отверстия и вала требуется выбрать измерительный инструмент. Определяем допустимую погрешность измерений по формуле (3.5):

$$\pm \delta > \pm \Delta \text{ lim}, \quad (3.5)$$

где $\pm \delta$ - допустимая погрешность измерения [15], [16]; $\pm \Delta \lim$ - предельная погрешность измерения наружных линейных размеров.

Данные средств измерения сведены в табл. 5.

Таблица 5

Сводная таблица по выбору средств измерения

| Обозначение деталей соединения | Допуск IT ; TD/Td , мкм | Допускаемая погрешность измерения $\pm \delta$, мкм | Предельная погрешность $\pm \Delta \lim$, мкм | Измерительные инструменты |
|--------------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| Отверстие $\varnothing 25H7$ | $TD = 21$ | 12 | 10 | Нутромер индикаторный (МИ) при замене отсчетного устройства с ценой деления 0,001 мм или 0,002 |
| Вал $\varnothing 25f6$ | $Td = 13$ | 8 | 12 | Микрометр рычажный (МР, МРИ) при настройке на нуль по концевым мерам длины и использованием отсчета на ± 10 делениях шкалы |

3.3. Контрольные вопросы к заданию № 2

1. Какие системы и виды посадок предусмотрены стандартом?
2. Что такое основная и комбинированная посадка?
3. Как вычислить предельные зазоры (натяги) через предельные размеры и отклонения сопрягаемых деталей?
4. Как изменится схема полей допусков соединения при изменении качества вала и отверстия?
5. Как рассчитать допуск посадки?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандартизация, взаимозаменяемость, метрология, технические измерения и сертификация продукции, работ и услуг являются инструментами обеспечения качества изделий. На основе стандартизации сформированы принципы и нормативные акты взаимозаменяемости, метрологии, технических измерений, систем управления качеством и сертификации.

К основным задачам стандартизации, наряду с требованиями к качеству и точности изготовления, относится стандартизация метрологического обеспечения. Стандартизована вся измерительная техника, методы и средства измерений, а также методы и средства поверки последних, без чего единство измерений невозможно.

Освоение дисциплины, в которой изучаются вопросы нормирования точности, стандартизации и взаимозаменяемости является частью профессиональной подготовки инженеров. Знания, полученные студентами, закрепляются при выполнении курсовых и дипломных проектов. Закрепление теоретических положений курса, развитие навыков использования справочного материала и умения проводить инженерные расчеты при решении типовых конструкторских и технологических задач является основной целью настоящего методического указания.

В методическом указании изложены теоретические сведения по вопросам стандартизации и взаимозаменяемости деталей агрегатов ЖРД, выбору посадок, расчёту подшипников скольжения, определению параметров элементов соединений, осуществляемых селективной сборкой, принципы построения размерных цепей. Приведены примеры выполнения сборочных чертежей и типовых деталей, расчета и выбора допусков расположения, формы и шероховатости поверхности, а также задания на курсовую работу и примеры их выполнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТП ВГТУ 62-2007. Текстовые документы (курсовые работы, проекты, рефераты, отчёты по лабораторным работам, контрольные работы). Правила оформления. - Воронеж: ВГТУ, 2007. – 53 с.
2. Кружаев, К. В. Методические указания. Часть 2 к выполнению курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / К. В. Кружаев, В. С. Левин, Г. И. Скоморохов. – ВГТУ, 2021. – 40 с.
3. ГОСТ 25346-2013. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки [Текст]. – Взамен ГОСТ 25346-89; введ. 2015 – 07 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2014 – 39 с.
4. ГОСТ 30893.1-2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками [Текст]. – Взамен ГОСТ 25670-83; введ. 2002 – 11 – 06. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003 – 7 с.
5. ГОСТ 24643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения [Текст]. – Взамен ГОСТ 10356-63; введ. 1981 – 07 – 01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004 – 10 с.
6. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1983 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 2018 – 18 с.
7. ГОСТ 2.309-73. Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей [Текст]. – Введ. 1975 – 01 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2007 – 10 с.
8. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики [Текст]. – Введ. 1975 – 01 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2018 – 7 с.
9. Сергеев А.В. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие / А.В. Сергеев. - 2003.
10. ГОСТ 9150-2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль [Текст]. – Введ. 2004 – 01 – 01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003 – 4 с.
11. ГОСТ 16093-2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором [Текст]. – Введ. 2004 – 01 – 01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003 – 4 с.
12. ГОСТ 10549-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором [Текст]. – Введ. 2005 – 07 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2005 – 34 с.

13. ГОСТ 25347-2013. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов [Текст]. – Введ. 2015 – 07 – 01. – Москва: Стандартиформ, 2014 – 54 с.

14. ГОСТ 25348-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм [Текст]. – Введ. 1983 – 07 – 01. – АО «Кодекс» – 19 с.

15. ГОСТ 8.051-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм [Текст]. – Введ. 1982 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 1987 – 10 с.

16. РД 50-98-86. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81) [Текст]. – Введ. 1987 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 1987 – 80 с.

Варианты заданий исполнения сборочных чертежей агрегатов автоматики ЖРД

1 Клапан отсечной с пневмоприводом

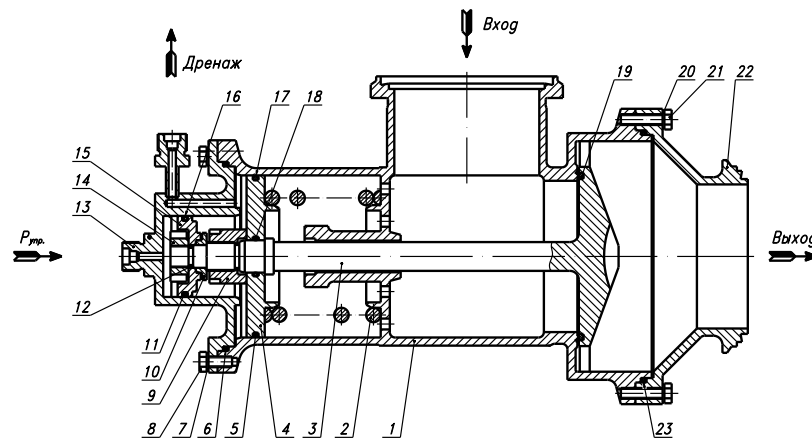


Рис. П. 1.1. Клапан отсечной с пневмоприводом:

- 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – затвор со штоком; 4, 15 – поршень;
 5, 11, 12, 18 – уплотнительное кольцо; 6, 23 – П-образная манжета;
 7, 20 – шайба; 8, 21 – болт; 9, 14 – втулка резьбовая; 10 – упор;
 13, 22 – переходник; 16, 17 – манжета; 19 – кольцо

Назначение и принцип работы агрегата. Клапан (рис. П. 1.1) открывает подачу азота раскрутки турбины ТНА на запуске и отсекает подачу азота после раскрутки турбины по командам от ЭПК.

Отличительной особенностью клапана является применение дополнительного поршня, что позволяет разгрузить основной затвор.

Клапан (рис. П. 1.1) состоит из корпуса 1, пружины 2, затвора со штоком 3, поршня 4, 15, уплотнительных колец 5, 11, 12, 18, П-образных манжет 6, 23, шайб 7, 20, болтов 8, 21, втулок резьбовых 9, 14, упора 10, переходника 13, 22, манжет 16, 17, кольца 19.

В исходном положении клапан закрыт. При подаче азота на вход клапана клапан остается в закрытом положении. По команде на открытие клапана подается давление управляющего газа в управляющую полость поршня 15, при этом затвор со штоком 3 и поршни 4, 15 перемещаются до упора поршня 4 в корпус 1. Клапан открывается.

По команде на закрытие клапана давление управляющего газа сбрасывается и под действием усилия пружины 2 поршни 4, 15 и затвор со штоком 3 перемещаются до посадки кольца 19 на седло корпуса 1. Клапан закрывается, обеспечивая полную герметичность по линии «Вход» – «Выход». При дальнейшей работе двигателя на входе клапана возможно повышение давления объемной утечки генераторного газа через обратный клапан до 140

кгс/см². Такое положение клапана остается до окончания работы двигателя. Отсутствие утечек через клапан не приводит к увеличению температуры конструкции клапана более 500 К.

Детали клапана в основном выполнены из стали 07Х16Н6, пружины из стали 12Х18Н10Т, уплотнительные кольца из смеси резиновой ИРП-3012, манжеты из фторопласта-4.

Основные параметры клапана приведены в таблице П. 1.1.

Таблица П. 1.1

Основные параметры клапана

| Наименование параметра | Значение параметра |
|--|--------------------|
| Рабочее тело | Азот |
| Температура рабочего тела, К | 233-323 |
| Расход, кг/с | 15 |
| Сопротивление, МПа (кгс/см ²), не более | 0,3 (3) |
| Давление на входе в момент открытия клапана, МПа (кгс/см ²) | 3 (30) |
| Давление на режиме, МПа (кгс/см ²), не более | 3 (30) |
| Утечка рабочего тела по затвору при Давлении 3МПа (30 кгс/см ²), см ³ ·ат/с, не более | 5 |
| Диаметр входа и выхода, мм | 80 |
| Газ управления | азот |
| Температура газа управления, К | 233-323 |
| Давление управляющего газа, МПа (кгс/см ²): | |
| - при открытии | 16-22,5 (160-225) |
| - при закрытии | 16-22,5 (160-225) |
| Утечка управляющего газа по поршню, см ³ ·ат/с, не более | 5 |
| Масса, кг, не более | 7 |

2 Клапан обратный водородный

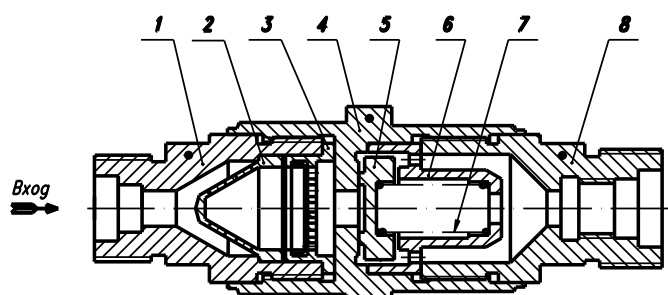


Рис. П. 1.2. Клапан обратный водородный:

1 – штуцер входа; 2 – решётка; 3 – фильтр; 4 – корпус;
5 – затвор; 6 – втулка; 7 – пружина; 8 – корпус выхода

Назначение и принцип работы агрегата. Обратный клапан (рис. П. 1.2) предназначен для исключения на режиме запуска двигателя перетекания водорода из магистрали охлаждения запальника в магистраль питания турбины

БНАГ и подачи малого расхода водорода для охлаждения запальника на режимах более 50 % номинальной тяги - P_H .

Затвор самоустанавливающийся, со сферической парой трения, в исходном положении поджимается пружиной к посадочному месту корпуса входа. Требуемая герметичность в закрытом положении обеспечивается посадкой металлического затвора на металлическое седло корпуса.

При выходе двигателя на основной режим при перепаде давлений на клапане со стороны входа, равном давлению открытия, затвор начинает перемещаться до упора во втулку, открывая проходное сечение. Площадь проходного сечения клапана определяется диаметрами отверстий во втулке. Образующийся на втулке перепад давлений удерживает затвор в открытом положении в течение всего времени работы двигателя на основном режиме.

Основные технические данные клапана приведены в табл. П. 1.2.

Таблица П. 1.2

Основные технические данные клапана

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|--------------------|
| Исходное положение | Закрыт |
| Рабочее тело | Метан |
| Температура рабочего тела на входе, К | 428,5 |
| Давление метана на входе, МПа (кгс/см ²) | 7,7 (77) |
| Негерметичность по месту посадки затвора при перепаде давлений (0,2 – 4,0) МПа (2–40 кгс/см ²) со стороны входа, кг/с, не более | $1 \cdot 10^{-4}$ |
| Диаметр входа, выхода, мм | 6 |
| Масса, кг, не более | 0,2 |

3 Клапан обратный гелиевый

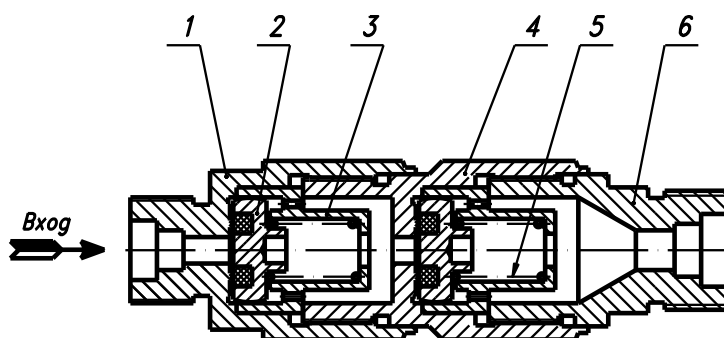


Рис. П. 1.3. Клапан обратный гелиевый:
1 – корпус входа; 2 – затвор; 3 – втулка;
4 – пружина; 5 – переходник; 6 – штуцер

Назначение и принцип работы агрегата

Обратный клапан (рис. П. 1.3), нормально закрытый, предназначен для зарядки баллона на двигателе гелием от наземного оборудования и

герметизации баллона с гелием после автоматической отстыковки изделия от наземного оборудования.

Для обеспечения надежной герметичности клапан имеет два одинаковых последовательно установленных затвора. Затворы самоустанавливающиеся со сферической парой трения, в исходном положении поджимаются к уплотнительному посадочному месту одинаковыми пружинами.

Когда давление гелия со стороны входа клапана достигает давления открытия, затворы начинают перемещаться, открывая доступ проходу гелия с входа на выход.

После перемещения затворов до посадки на торцы втулок проходное сечение клапана определяется отверстиями во втулках. Затворы клапана удерживаются в открытом положении перепадом давлений на них. Клапан остается открытым до заполнения баллона и выравнивания давлений на входе и выходе, после чего пружины возвращают затворы в исходное положение.

При сбросе давления со стороны входа клапана затворы надежно прижимаются к посадочным местам перепадом давлений на них и усилием пружин, обеспечивая требуемую герметичность.

Основные технические данные клапана приведены в табл. П. 1.3.

Таблица П. 1.3

Основные технические данные клапана

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|--------------------|
| Исходное положение | Закрыт |
| Рабочее тело | Гелий |
| Давление гелия на входе, МПа (кгс/см ²) | 5-23 (50-230) |
| Температура гелия на входе, К | 223 – 323 |
| Допустимая негерметичность, кг/с, не более | $1 \cdot 10^{-8}$ |
| Диаметр подводящего трубопровода, мм | 4 |
| Диаметр отводящего трубопровода, мм | 6 |

4 Вентиль слива

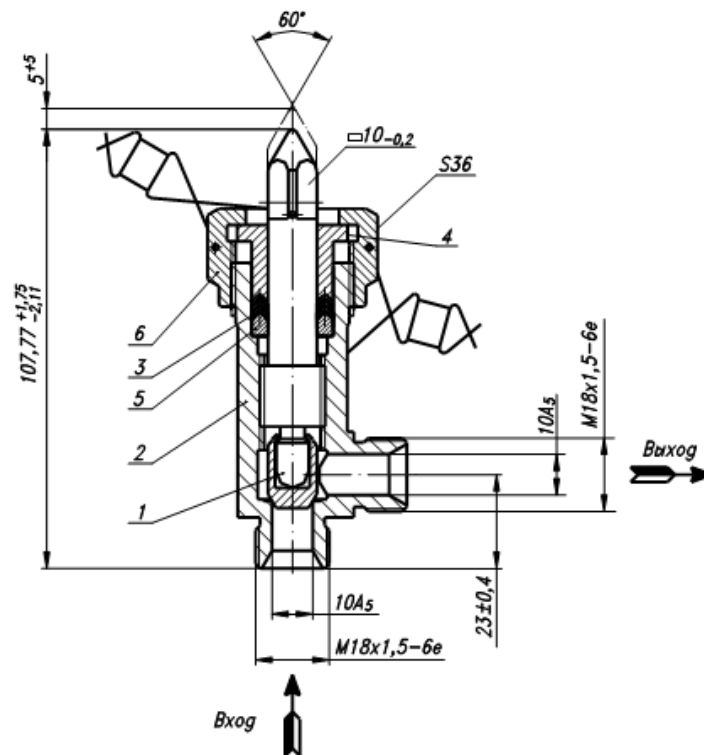


Рис. П. 1.4. Вентиль слива

1 – клапан со штоком; 2 – корпус; 3 – кольцо;
4 – втулка; 5 – втулка; 6 – гайка накидная

Назначение и принцип работы агрегата

Вентиль слива (рисунок П. 1.4) предназначен для слива части горючего, которое осталось в подводящих магистралях и в двигателе после слива горючего из бака изделия, выполнен по принципу винтового крана. Разделение основной магистрали и полости слива вентиля осуществляется посадкой клапана по конусу в корпусе 2 при повороте штока 1 до упора.

Вентиль слива состоит из клапана со штоком 1 (клапана – сталь 12X18Н10Т-ВД, штока – сталь 12X18Н10Т); корпуса 2 (сплав алюминиевый АК6.ПП); кольца 3 (фторопласт – 4); втулки 4 (сталь 07X16Н6); втулки 5 (сталь 07X16Н6-Ш), гайки накидной 6 (сплав алюминиевый Д16Т). Основные параметры клапана приведены в табл. П. 1.4.

Таблица П. 1.4

Основные технические данные клапана

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|--------------------|
| 1 | 2 |
| Исходное положение клапана по линии "Вход-Выход" | Закрыт |
| Рабочее тело | Керосин |
| Давление рабочего тела, МПа (кг/см ²) | 25 (250) |
| Температура рабочего тела, К | 350 |
| Затяжка клапана со штоком Н·м (кгс·м) | 25-30 (2,5-3,0) |

| | |
|--|--------------------------|
| Утечки при давлении ($1^{+0,2}$)МПа (10^{+2} кгс/см ²) воздуха по месту посадки клапана со штоком на седло | Не допускаются |
| Общей герметичности при давлении ($1^{+0,1}$)МПа кгс/см ² воздухом | $1^{+0,1}$ (10^{+1}) |
| Негерметичность при давлении не менее ($1,32^{+0,2}$)МПа ($13,2$ кг/см ²), не более см ³ /мин | 8 |
| Герметичность посадки клапана на седло корпуса при давлении воздуха ($1^{+0,2}$)МПа (10^{+2} кгс/см ²) | Полная |
| Герметичность уплотнения фторопластовыми кольцами при давлении воздуха ($1,6^{+0,1}$)МПа (16^{+1} кгс/см ²) | Полная |
| Функционирование вентиля проверено. Момент поворота, Н·м (кгс·м), не более | 5 (0,5) |
| Диаметр, мм: - входа - выхода | 10 10 |
| Масса, кг, не более | 0,23 |

5. Обратный клапан кислородный

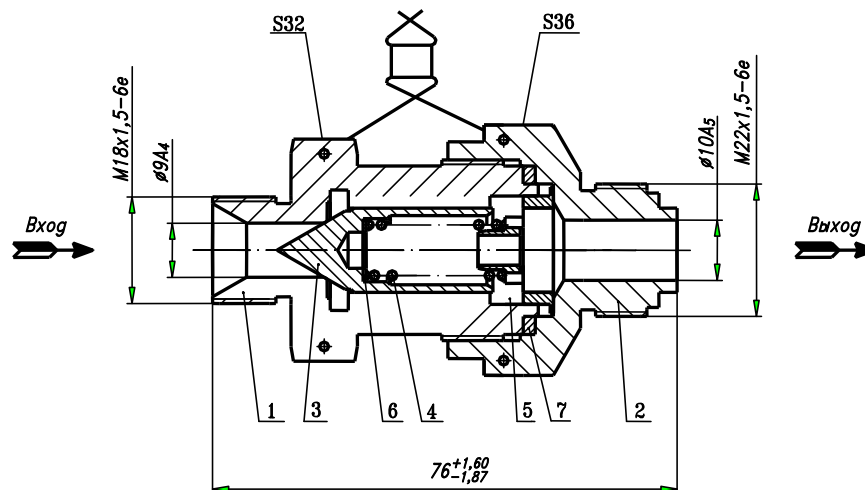


Рис. П. 1.5. Клапан обратный кислородный:

1 – корпус; 2 – колпачок; 3 – клапан; 4 – пружина;
5 – тарель; 6 – шайба; 7 – кольцо уплотнительное

Назначение и принцип работы агрегата

Обратный клапан (рис. П. 1.5) предназначен для предотвращения попадания жидкого кислорода в теплообменник и к газификаторам до начала работы двигателя и для пропускания через них жидкого кислорода при работе двигателя.

Клапан обратный (см. рис. П. 1.5) состоит из корпуса 1, колпачка 2, клапана 3, пружины 4, тарели 5, шайбы 6, кольца уплотнительного 7.

Герметичность клапана обеспечивается прижатием его к седлу корпуса силой пружины. Затяжка пружины обеспечивает заданное давление открытия клапана. При запуске двигателя и возрастании давления за насосом окислителя

клапан открывается и обеспечивает проход кислорода в теплообменник и к газификаторам. При выключении двигателя давление окислителя на входе клапана падает и клапан закрывается под действием усилия пружины.

В качестве материала, применяемого для изготовления клапана 3, используется бронза БрАЖМц-10-3-1,5, пружины 4 – проволока В-1,51, тарели 5, колпачка 2 – сталь 45Х14Н14В2М, корпуса 1 - сталь 12Х18Н10Т-ВД, шайба 6 – 12Х18Н10Т, кольца уплотнительного 7 – проволока 0,8-ТС-Х18Н9Т. Основные параметры клапана приведены в табл. П. 1.5.

Таблица П. 1.5

Основные параметры клапана

| Наименование параметра | Значение параметра |
|--|--------------------|
| Исходное положение клапана по линии "Вход-Выход" | Закрыт |
| Рабочее тело | Жидкий кислород |
| Давление рабочего тела, МПа (кг/см ²) | 10 (100) |
| Температура рабочего тела, К | 90 |
| Давление открытия клапана, МПа (кгс/см ²) | 1,05 (10,5) |
| Гидравлическое сопротивление клапана при проливке водой на расходе 0,4 кг/сек с противодавлением (3 ⁺¹)МПа (30 ⁺¹⁰ кг/см ²) | 17 |
| Допускается утечка воздуха по клапану при давлении на входе клапана 0,8 МПа (8 кгс/см ²) | 50 |
| Диаметр, мм: - входа - выхода | 9 10 |
| Масса, кг, не более | 0,32 |

6. Клапан-тройник

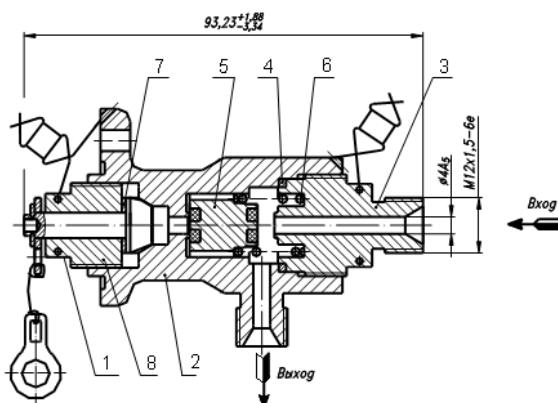


Рис. П. 1.6. Клапан тройник:

1 – заглушка; 2 – корпус; 3 – штуцер;
4 – прокладка; 5 – клапан; 6 – пружина; 7 – шайба

Назначение и принцип работы агрегата. Клапан-тройник (рис. П. 1.6) обеспечивает:

- подвод воздуха к пневмореле при их проверке на изделии;
- подвод горючего к пневмореле из головки камеры двигателя при работе двигателя;
- герметизацию полостей пневмореле от линии проверки.

Клапан-тройник установлен на магистралях подвода горючего от камеры двигателя и газогенератора к пневмореле.

Клапан-тройник (см. рис. П. 1.6) состоит из заглушки 1; корпуса 2; штуцера 3; прокладки 4; клапана 5; пружины 6; шайбы 7.

В рабочем положении клапан прижимается к седлу корпуса давлением ГО и пружины. ГО через клапан-тройник поступает к пневмореле. Герметичность по месту присоединения линии проверки пневмореле обеспечивается как резиновым уплотнением клапана 5, так и установкой заглушки.

При проверке воздухом пневмореле на изделии вместо заглушки 1 устанавливается специальное приспособление, при помощи которого клапан 5 отжимается на седло штуцера и перекрывает доступ воздуха в полость двигателя. Воздух через приспособление поступает к пневмореле.

В качестве материала, применяемого для изготовления корпуса 2, используется сплав алюм. АК6.ПП, заглушки 1 – сталь 12Х18Н10Т, штуцера 3 – сплав алюм. Д16.Т.ПП, прокладки 4 – лист АД1М-1,5, клапана 5, пружины 6 – проволока 50ХФА, шайбы 7 – БрАЖН-10-4-4. Основные параметры клапана приведены в табл. П. 1.6.

Таблица П. 1.6

Основные параметры клапана

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|-------------------------|
| Исходное положение клапана по линии "Вход-Выход" | Открыт |
| Рабочее тело | Воздух, керосин РГ-1 |
| Давление рабочего тела, МПа (кг/см ²) | 10 (100) |
| Температура рабочего тела, К | 223-323 |
| Негерметичность посадки клапана на седло корпуса при давлении воздуха (8 ^{+0,5})МПа (80 ⁺⁵ кгс/см ²), не более, см ³ /сек | 0,5 |
| Негерметичность посадки клапана на седло штуцера при давлении воздуха (8 ^{+0,5})МПа (80 ⁺⁵ кгс/см ²), не более, см ³ /сек | 0,5 |
| Диаметр, мм: - входа - выхода | 4 4 |
| Масса, кг, не более | 0,17 |

7. Клапан отсечной с электромагнитным приводом

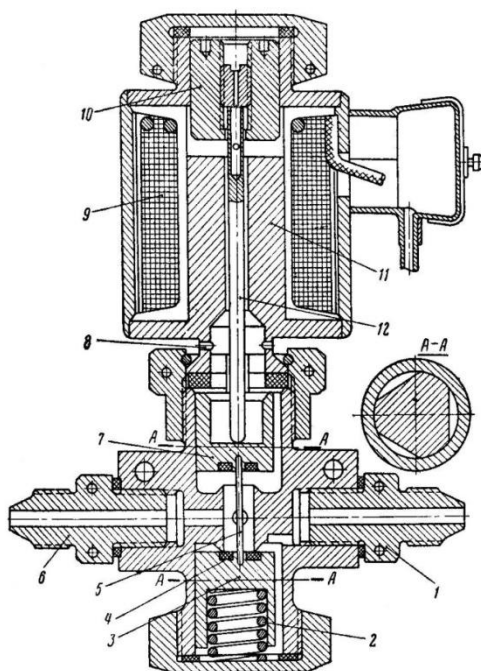


Рис. П. 1.7. Клапан отсечной с электромагнитным приводом:
1 – входной штуцер; 2 – пружина; 3 – нижний клапан;
4 – уплотняющий пояс; 5 – шток; 6 – выходной штуцер;
7 – верхний клапан; 8 – дренаж; 9 – электромагнит;
10 – якорь; 11 – ярмо электромагнита; 12 – шток

Назначение и принцип работы агрегата. Клапан отсечной с электромагнитным приводом (рис. П. 1.7) состоит из корпуса, в который ввернут подводящий входной штуцер 1. Давление компонента вместе с усилием пружины 2 поднимает вверх нижний клапан 3. При этом уплотняющий пояс 4 клапана садится на седло и запирает выход компонента. Одновременно посредством штока 5 поднимается верхний клапан 7, который сообщает выходной штуцер 6 и идущую за ним систему трубопроводов с атмосферой через дренажное отверстие 8. Для включения подачи компонента ток подается в обмотку катушки электромагнита 9. При этом якорь 10 притягивается к ярму 11, и через шток 12 усилие передается на верхний клапан 7, который, опускаясь на своё седло разобщает линию подачи компонента с дренажным отверстием 8. Одновременно при помощи штока 5 нижний клапан 3 опускается и открывает доступ компонента в выходной штуцер, а затем в соответствующую магистраль. Выключение катушки электромагнита приводит клапан в исходное положение. Обычно такой электромагнитный клапан с дренажем используется как клапан подачи газа для управления сервопоршнями других клапанов.

8 Клапан с электропневмоприводом

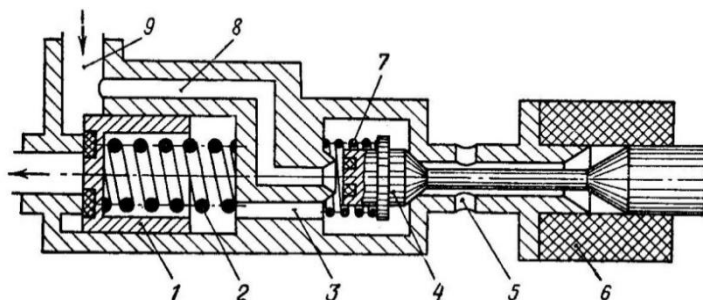


Рис. П. 1.8. Клапан с электропневмоприводом:

- 1 - поршень - клапан; 2 - пружина клапана; 3, 8 - каналы;
4 - управляющий клапан; 5 - сообщающие отверстия; 6 - электромагнит;
7 - пружина управляющего клапана; 9 - подводящий канал

Назначение и принцип работы агрегата. Сердечник электромагнита (рис. П. 1.8) 6 через шток связан с управляющим клапаном 4. При включенном электромагните клапан 4, преодолевая силу пружины 7, садится в седло, закрывая канал 8. Газ высокого давления подходит по каналу 9 и, сжимая пружину 2, открывает клапан 1. При обесточении электромагнита пружина 7 открывает клапан и воздух из канала 8 через канал 3 попадает в полость под поршнем 1. Так как давление воздуха с обеих сторон клапана одинаково, пружина 2 сажает клапан в седло. При закрытом клапане полость над поршнем 1 через канал 3 и отверстия 5 сообщается с внешней средой.

9 Клапан отсечной с пневмоприводом

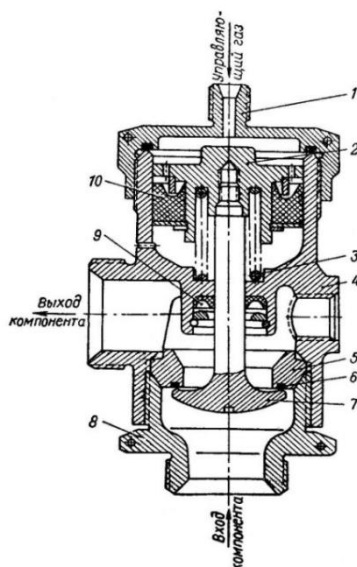


Рис. П 1.9. Клапан отсечной с пневмоприводом:

- 1 – штуцер; 2 – поршень; 3 – пружина; 4 – корпус;
5 – седло; 6 – уплотняющая прокладка седла; 7 – клапан;
8 – входной штуцер; 9, 10 – уплотнения

Назначение и принцип работы агрегата. В данном клапане (рис. П. 1.9) в корпус 4 запрессовано седло 5 с уплотняющей прокладкой 6. Клапан 7 прижимается к седлу пружиной 3 и давлением компонента. Клапан открывается при подаче на поршень 2 управляющего давления через штуцер 1. Утечка управляющего газа предупреждается уплотнением 10, а дренирование газа из полости под поршнем происходит через отверстие в корпусе. Уплотнение 9 препятствует утечке компонента в полость под поршнем. Закрывается клапан под действием пружины 3 при сбрасывании давления управляющего газа в полости над поршнем 2.

10 Клапан отсечной с пироприводом

Пироклапан (рис. П. 1.10) предназначен для перекрытия линии подачи компонента топлива в камеру сгорания при выключении двигателя. Для срабатывания пироклапана применен пиропатрон, устанавливаемый в гнездо угольника 2.

В открытом положении (до начала пуска, а также в процессе его работы) клапан 5 удерживается чекой 4. При подаче напряжения на пиропатрон происходит воспламенение его заряда; силой давления продуктов сгорания на поршень 3 срезается уплотнительный буртик чеки 4, которая выходит из зацепления с клапаном 5 и заклинивается по конусной поверхности в угольнике 2. Под действием силы пружины 6 и перепада давлений клапан 5 перемещается и заклинивается в седле, выполненном в выходном штуцере корпуса 1, прекращая доступ компонента топлива в камеру сгорания.

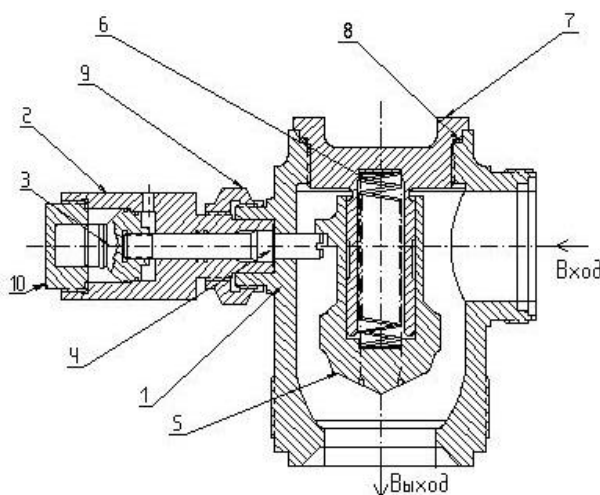


Рис. П. 1.10. Клапан отсечной с пироприводом:

1 – корпус; 2 – угольник; 3 – поршень; 4 – чека; 5 – клапан; 6 – пружина; 7 – крышка клапана; 8 – уплотнитель; 9 – гайка зажимная; 10 – седло угольника

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ | 4 |
| 2 ЗАДАНИЕ № 1. ВЫПОЛНЕНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА И РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТА АВТОМАТИКИ ЖРД..... | 5 |
| 3 ЗАДАНИЕ № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ | 18 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 25 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 26 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 | 28 |

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов
специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»
очной формы обучения
Часть 1

Составители:

Кружаев Константин Владимирович

Левин Василий Сергеевич

Скоморохов Геннадий Иванович

Компьютерный набор: А. В. Левина

В в авторской редакции

Подписано к изданию 2021

Уч.-изд. л. 2,5.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14