

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский Государственный Аэрокосмический Университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»

Кафедра «Автоматических систем энергетических установок»

**Определение минимального необходимого объема ТЗ для проектирования агрегата.  
Составление технического задания.**

Составил: Ю.И. Кондрашов

Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по курсу: Конструирование и проектирование агрегатов и систем ЛА и ДЛА.

Цель работы: Ознакомление с основным техническим документом – техническим заданием (ТЗ), содержащим перечень необходимых и обязательных требований к агрегатам (системам), которые должны быть воплощены в конструкцию при проектировании и которым должен отвечать каждый изготовленный агрегат (система). Научить студентов определять и составлять минимально необходимый объем технических требований к проектируемым агрегатам, исходя из выполняемых функций агрегата в системе и его назначения.

Содержит сведения о составе технического задания, схемных и автономных требованиях к агрегатам.

Даны примеры технических заданий, относящихся к различным наименованием агрегата; содержание отдельных разделов ТЗ.

## **Принятые обозначения**

ГПТА – гидropневмотопливная автоматика

ТЗ – техническое задание

ДУ – условный проход

РФ – Российская Федерация

ВПК – Военно-промышленный комиссия.

## **1. Назначение технического задания.**

Почти каждый современный агрегат представляет собой итог работы конструкторов нескольких поколений. Начальную модель постепенно совершенствуют (модернизируют), снабжают новыми узлами и агрегатами, обогащают конструктивными решениями, являющимися плодом творческих усилий и изобретательности последующих поколений конструкторов. Некоторые конструктивные решения – с появлением более рациональных решений, новых технологических приемов и с повышением эксплуатационных требований либо отмирают, либо существенно изменяются, расширяются функциональные возможности агрегата.

С течением времени повышается технико-экономические показатели, возрастает производительность, увеличивается степень автоматизации, надежность, долговечность.

Совершенствование конструкций агрегатов, появление новых агрегатов, систем как одинакового функционального назначения, так и принципиально новых конструктивных решений производится только на основании технических требований, изложенных в техническом задании.

## **2. Порядок составления ТЗ.**

Техническое задание составляется на основании решений, принимаемых правительством РФ, ВПК, специализированными инстанциями, техническими советами предприятий на разработку объекта (изделия, системы, агрегата).

Объем ТЗ, его содержание напрямую зависит от стадии разработки: эскизного проекта, технического предложения, рабочего проекта.

Разработчиком ТЗ являются головные предприятия объекта, которые назначаются в соответствующих решениях организациями, принимающими решения о разработке объекта.

Головной разработчик ТЗ при необходимости привлекает в качестве соискателей различные специализированные организации, включая предприятия других государств, располагающие опытом проектирования подобных объектов. При этом параметры и объем ТЗ подлежат обязательному согласованию со всеми привлекаемыми соисполнителями к разработке объекта.

## **3. Основные требования к агрегату.**

В состав гидропневмотопливной автоматики, обеспечивающей длительное и надежное функционирование систем, объектов в целом входят различные по назначению и конструкции группы агрегатов: регуляторы расхода и давления, электрогидравлические распределители и перекрывающие (запорные) клапаны, заслонки и золотники, обратные и предохранительные клапаны, приводы, реле времени, электромагнитные и электроприводные клапаны, дренажные, запорные, перепускные клапаны, гидравлические разъемы, комбинированные и комплексные агрегаты (агрегаты, состоящие из нескольких клапанов, соединенных функционально в одном корпусе насосов, фильтров, гидроизоляторов и т.д. Следует отметить, что по конструктивному исполнению существует огромное многообразие агрегатов, относящихся по своему функциональному назначению к одной и той же группе.

Агрегаты должны обеспечивать минимальный (заданный в ТЗ) разброс характеристик и регулируемых параметров, изменение режимов работы объекта, прекращение работы в определенный момент времени, длительное и надежное выполнение своих функций при всех заданных условиях эксплуатации.

Технические требования, которые предъявляются к агрегатам можно условно разделить на две группы:

- требования к собственно агрегату – автономные требования.

- «Схемные требования», т.е. требования, вызванные взаимодействием агрегатов в составе конкретной системы объекта, местом установки в системе объекта.

«Схемные требования» к любому агрегату нельзя рассматривать изолированно от конкретной системы, объекта (летательного аппарата, двигателя, корабля, станка, и т.п.), от всех возможных условий эксплуатации. При этом необходимо тщательно учитывать последовательность и особенности работы всех агрегатов, входящих в эту систему, объекта, что также должно находить свое отражение в техническом задании в виде отдельных требований.

Под термином «автономные требования» обычно понимаются требования к данному, отдельно взятому агрегату, не связанные с его применением на том или ином типе объекта. Основными, наиболее общими требованиями ко всем агрегатам применительно к авиационной технике, относящихся к автономным, являются требования по надежности, транспортированию при перевозках, малого веса.

Надежность – свойство агрегатов выполнять все функции в заданных условиях эксплуатации (рабочие температуры, давления, возможные атмосферные воздействия, перегрузки, вибрации и т.д.). Требования надежности подчиняет себе все другие факторы, характеризующие конструкцию: массу, технологичность, экономичность, прочность и т.д. надежность работы агрегата определяется его принципиальной схемой и закладывается на этапе проектирования (схемная надежность). Необходимо стремиться к сокращению количества деталей, особенно движущихся, что дает возможность уменьшить вероятность заедания, заклинивания, появления надиров и других дефектов. Удовлетворение перечисленных требований достигается конструктивной схемой агрегатов, тщательной экспериментальной их обработкой, а также технологией изготовления и комплексом испытаний. Точность работы агрегата – допуск на определяющий параметр. Так, если для данного агрегата определяющим является давление срабатывания, то задается допуск на давление, если время срабатывания – то допуск на время и т.д. точность работы задается на основе расчетов и анализа системы, в состав которой входит агрегат. Потребление малых мощностей позволяет уменьшить массу источников питания.

Многообразие рабочих сред, широкий диапазон давления и температур, а также ряд других особых требований привели к значительному расширению номенклатуры выпускаемых агрегатов. Вместе с тем повысились требования к качеству, надежности и долговечности изделий. Особенностью агрегатов ГПТА является многообразие конструкций, различающихся между собой функциональными, структурными, схемными признаками. В упрощенном описании функция большинства агрегатов состоит в преобразовании входных параметров (сигналов) в требуемые выходные параметры (сигналы). Нарушения в преобразовании сигналов, как правило, связаны с изменениями структуры агрегатов и систем, т.е. с изменениями свойств и взаимосвязей элементов. Поэтому при создании агрегатов ГПТА необходим тщательный структурный анализ систем и элементов с целью определения принципов обеспечения надежности агрегатов ГПТА. Рассмотрим в качестве примера три основных класса агрегатов ГПТА: запорные, регулирующие и предохранительные (10, 11).

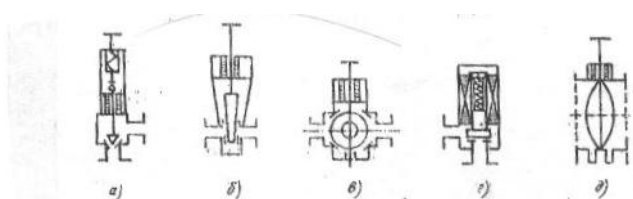


Рис. 3.1 Конструктивные схемы запорной ГПТА: а – запорный клапан; б – задвижка; в – шаровой кран; г – электромагнитный клапан; д – дисковый затвор.

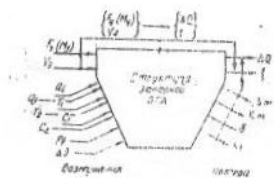


Рис. 3.2 Функциональная схема запорной ГПТА:  $F_y(M_y)$ ,  $V_3$  – входные сигналы;  $\Delta Q$ ,  $\xi$  – выходные сигналы;  $Q_i$ ,  $Q_b$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P_b$ ,  $\Delta E$  – возмущающие воздействия;  $\Delta m$ ,  $K_m$ ,  $\delta$ ,  $K_1$  – сигналы потерь.

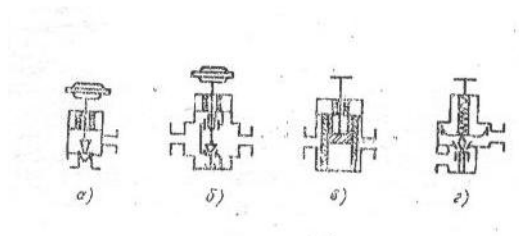


Рис. 3.3 Конструктивные схемы регулирующей ГПТА: а – односедельный клапан; б – двухседельный клапан; в – регулятор давления.

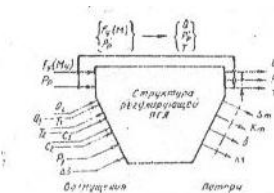


Рис. 3.4 Функциональная схема регулирующей ГПТА:  $F_y$ ,  $M_y$  – управляющее воздействие;  $P_p$  – входное давление;  $Q$ ,  $P_p$ ,  $T$  – выходные значения расхода, давление и температуры рабочей среды;  $T_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P_b$ ,  $\Delta E$  – возмущающие воздействия;  $\Delta m$ ,  $K_m$ ,  $\delta$ ,  $K_1$  – сигналы потерь.

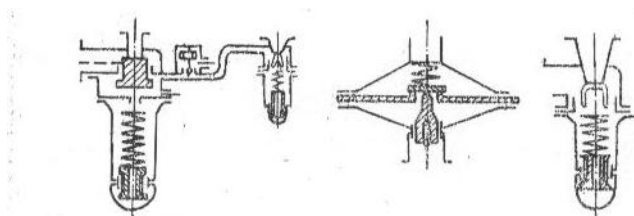


Рис. 3.5 Конструктивные схемы предохранительной ГПТА.

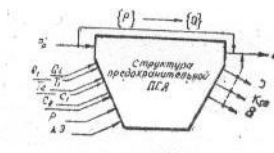


Рис. 3.6 Функциональная схема предохранительной ГПТА:  $P_p$  – входное давление;  $Q$  – выходные значения расхода;  $Q_i$ ,  $Q_b$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $P$ ,  $\Delta E$  – возмущающие воздействия;  $I$ ,  $\delta$ ,  $K_1$  – сигналы потерь.

На рис. 3.1 приведены схемы некоторых из основных типов запорной ГПТА, а их функциональное описание – на рис. 3.2. На схеме показаны полезные входы и выходы в закрытом ( $\Delta Q$ ) и открытом ( $\xi$ ) положении, а также нежелательные входы (индексом 1 обозначены параметры рабочей среды, индексом 2 – параметры окружающей среды) и выходы: возмущения и

потери. Пунктирной линией обозначено влияние потерь на функциональное преобразование входов в выходы.

На рис. 3.1 ... 3.6 представлены схемы и функциональное описание регулирующей и предохранительной арматуры. Регулирующая арматура предназначена для регулирования параметров рабочей среды посредством изменения расходов; предохранительная – для автоматической защиты оборудования от аварийных изменений параметров. Следует заметить, что предохранительные, а также перепускные клапаны, хотя и представляют собой большой подкласс ГПТА, могут быть отнесены к регуляторам давлений «до себя», так как функция последних заключается в поддержании давления в объекте регулирования путем сброса части рабочей среды, поэтому на рис. 3.6 приведена схема упоминаемого регулятора.

Структура любой системы характеризуется рядом своих подсистем и элементов, их унификацией, взаимосвязью между элементами (подсистемами) и их свойствами (10).

На рис.3.7 приведена обобщенная структура ГПТА. Являясь элементом системы более высокого ранга ( $n-1$ ), ГПТА, в свою очередь, включает ряд подсистем ( $n+1$ -й ранг), а также элементов высшего ( $n+2$ -й ранг) и низшего ( $n+3$ -й ранг) порядка.

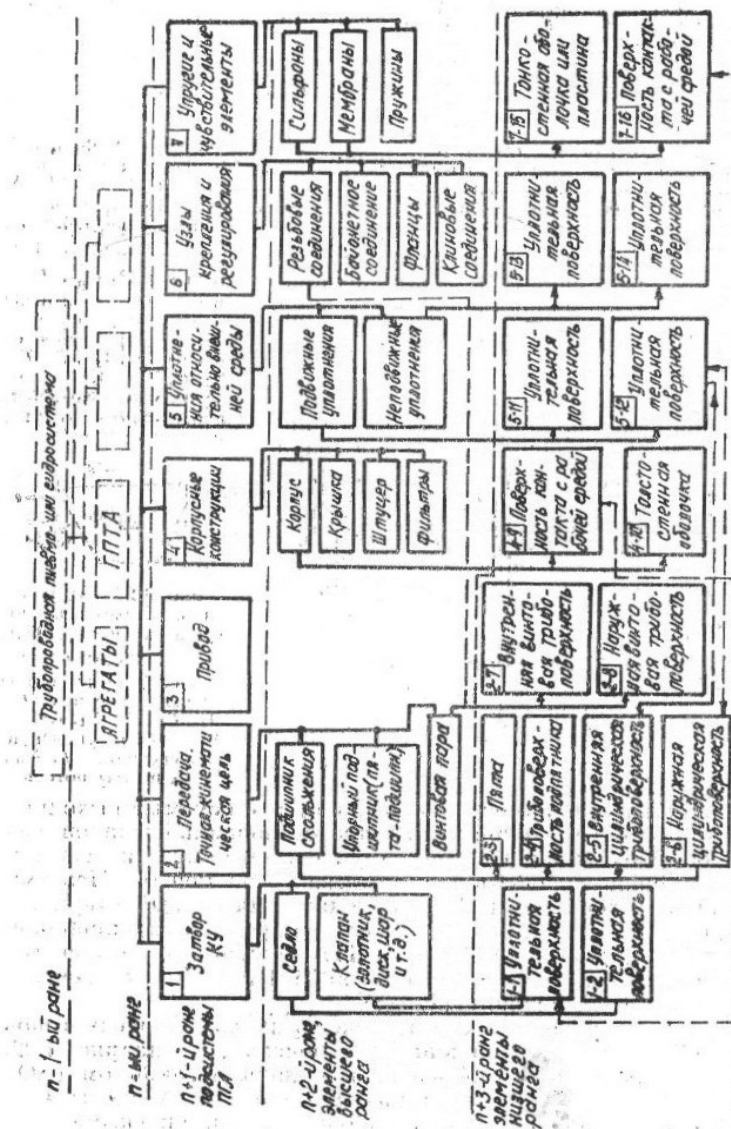
В зависимости от класса, типоразмера или конструктивного исполнения ГПТА некоторые из подсистем или элементов могут отсутствовать.

Подсистемы условно можно разделить на две группы. Первая из них объединяет три подсистемы, реализующие функцию агрегатов: первая – затвор 1, вторая – передаточная кинетическая цепь 2; третья – привод 3. Вторая группа образует несущую оболочку и обеспечивает ряд вспомогательных функций данной системы (перемещение рабочей среды, их герметизацию относительно окружающей среды, механическое крепление к трубопроводам, регулирование и направление подвижных элементов и т.д.), эта группа объединяет четыре подсистемы: четвертая – корпусные детали 4, пятая – узлы уплотнения относительно окружающей среды 5, шестая – узлы крепления и регулирования 6.

Седьмая подсистема – упругие и чувствительные элементы 7, в зависимости от класса или назначения ГПТА может быть отнесена к обеим группам. Например, сильфоны и мембраны могут выполнять функцию уплотнения (герметизация по штоку) и в то же время могут применяться в



качестве привода (мембранный исполнительный механизм, регулятор давления). Пружина может



служить элементом

Рис. 3.7 Обобщенная структура ГПТА.

привода (в регуляторах, предохранительных клапанах и т.д.) и компенсирующим или предохранительным элементом.

Взаимодействие большинства подсистем между собой и с «внешней средой» (рабочей и окружающей) осуществляется в основном элементами системы низшего ранга – рабочими поверхностями уплотнения, пар трения, резьбовыми и другими соединениями. Однако эти взаимодействующие элементы, в свою очередь, можно представить в качестве самостоятельных систем, используя методы деления системы. Элементы этих новых систем совместно с «внешней средой» образуют так называемые трибомеханические системы (сокращенно трибосистемы). Под трибомеханическими системами понимают системы, структура которых, применительно к ГПТА, состоит из двух твердых тел или твердого тела и жидкости (газа) обменивающихся механическими входами и выходами через поверхность раздела в области их контакта.

Характерной чертой в современном отечественном и зарубежном агрегатостроении является применение одной тщательно отработанной конструктивной схемы для широкого диапазона исполнения арматуры, соответствующей разнообразным требованиям потребителей, и использование отработанных узлов и элементов в различных видах арматуры.

Базовая конструкция агрегата может быть применена во многих производствах с разными характеристиками агрессивности рабочих сред, давлений, температуры и условий окружающей

среды путем замены материалов или другой незначительной модернизации конструкции. Такой подход к разработке агрегатов позволяет сократить сроки их создания, уменьшить трудозатраты, связанные с освоением, повышать качество и надежность изделий.

Итак первостепенными исходными данными для проектирования являются следующие:

1. Назначение агрегата (системы)
2. Рабочее давление среды
3. Рабочая среда
4. Температура рабочей среды
5. Диаметр xxxxxx xxxx ДУ присоединений
6. Способ крепления
7. Способ управления
8. Пропускная способность, гидравлическое сопротивление
9. Расходная характеристика
10. Продолжительность закрывания и открывания (или время срабатывания клапана)
11. Источник энергии и его характеристика (переменный или постоянный ток, напряжение, давление воздуха и т.д.)
12. Местонахождение на объекте и условия эксплуатации
13. Ресурс работы
14. Виброустойчивость
15. Вибропрочность
16. Статическая прочность
17. Надежность при колебаниях в широком диапазоне внешнего давления и температуры окружающей среды
18. Стойкость к воздействию ударных нагрузок и пульсаций рабочего давления
19. Минимальность габаритов, массы, потребляемой мощности
20. Герметичность соединений, обеспечивающих отсутствие утечек и перетечек.
21. Безопасность и удобство эксплуатации
22. Требования к материалам

Все эти и многие другие требования должны найти свое отражение в соответствующих разделах технического задания.

#### **4. Примеры технических заданий на некоторые категории агрегатов для проектирования и содержания отдельных разделов ТЗ.**

##### **4.1. Клапан предохранительный (см. рис.1 в приложении 1)**

###### 4.1.1. Назначение

Клапан предохранительный (в дальнейшем изложении - изделие) предназначен для защиты емкостей хранения одоранта от повышения давления выше заданного.

###### 4.1.2. Технические требования

###### 4.1.2.1. Условный проход Ду 25мм

- 4.1.22. Регулируемая (настраиваемая регулировочным винтом) величина давления открытия изделия - 0,05...0,07 МПа (0,5...0,7 кгс/см<sup>2</sup>)
- 4.1.23. Давление закрытия изделия должно быть меньше настроенной величины давления открытия на 0,01МПа(0,1кгс/см<sup>2</sup>)
- 4.1.24. Рабочая среда – природные углеводородные газы по ОСТ 51.40-93, пары одоракта
- 4.1.25. Температура рабочей среды – от - 40 до +40 °С
- 4.1.26. Окружающая среда –воздух с относительной влажностью до 95% при t=35 °С
- 4.1.27. Температура окружающей среды от -40 до +50 °С
- 4.1.28. Внешние утечки не допускаются
- 4.1.29. Допускаемые перетечки через закрытый клапан при давлении на входе меньше настроенной величины
- на 0,01МПа(0,1кгс/см<sup>2</sup>) – не более 10 см<sup>3</sup> / мс;
  - на 0,02МПа(0,2кгс/см<sup>2</sup>) – не допускаются;
- 4.1.30. Количество циклов срабатывания за гарантийный срок службы 2 года - 3000.
- 4.1.31. Масса – не более 2.0 кгс
- 4.1.32. Габаритный и присоединяемые размеры должны соответствовать согласованному габаритному чертежу

## **4.2 Регулятор давления поршневой (см. рис. 2.3; приложение 2)**

### 4.2.1 Назначение

4.2.11. Регулятор давления поршневой прямоточный (в дальнейшем изложении - регулятор) предназначен для снижения и автоматического поддержания давления в заданных пределах на объектах магистральных трубопроводов.

### 4.2.2. Технические требования

4.2.21. Условный проход Ду – 50мм

4.2.22. Рабочая среда – природные углеводородные газы по ОСТ 51.40-93:

- плотность при температуре 20 °С и нормальным атмосферным давлением – (0,63...0,9) кгс/см<sup>3</sup>;
- механические примеси по ГОСТ5542-87;
- степень агрессивности – слабокоррозионная;
- токсичность- вредная, класс опасности 3 по ГОСТ 12.1.005-88

4.2.23. Окружающая среда – воздух

4.2.24. Температура рабочей среды от -40 до +60 °С

4.2.25. Температура окружающей среды от -40 до +50 °C

4.2.26. Давление условное,  $P_y - 8 \text{ МПа}$  ( $80 \text{ кгс/см}^2$ )

4.2.27. Диапазон изменения входного давления –  $1,0 \dots 7,5 \text{ МПа}$  ( $10-75 \text{ кгс/см}^2$ )

4.2.28. Диапазон настройки выходного давления  $0,3 \dots 5,5 \text{ МПа}$  ( $3 \dots 55 \text{ кгс/см}^2$ )

4.2.29. Погрешность автоматического поддержания настроенного выходного давления (при фиксированного входном):

– в пределах настройки  $0,3 \dots 1,6 \text{ МПа}$  ( $3,0 \dots 16 \text{ кгс/см}^2$ ) -  $\pm 2\%$  от верхнего предела;

– в пределах настройки  $1,6 \dots 5,5 \text{ МПа}$  ( $16 \dots 55 \text{ кгс/см}^2$ ) -  $\pm 2\%$ ;

4.2.30. Перепад давления на регуляторе:

– максимальный  $7,2 \text{ МПа}$  ( $72 \text{ кгс/см}^2$ );

– минимальный  $1,0 \text{ МПа}$  ( $10 \text{ кгс/см}^2$ );

4.2.31. Условная пропускная способность -  $50 \text{ м}^3 / \text{час}$

4.2.32. Хранение производить в складных помещениях в течении 2 лет в упаковке и консервации.

4.2.33. Транспортировать – любым видом транспорта с ограничением расстояния в заводской упаковке.

4.2.34. Внешняя герметичность – утечки не допускаются

4.2.35. Масса – 10 кгс, не более

4.2.36. Габаритные и присоединительные размеры должны соответствовать согласованному габаритному чертежу

### 4.3. Дополнительные требования предъявляемые к агрегатам специального назначения

Обычно к агрегатам авиационной и специальной техники предъявляются более жесткие требования. Поэтому в техническом задании указывают и другие требования, обязательные к для соблюдения конструктором при проектировании и обеспечения их выполнения созданным агрегатом.

#### 4.3.1. Требования по пульсации

Диапазон пульсации, МПа	Частота, Гц	Количество импульсов за ресурс 50 ч	Продолжительность испытаний
0,4-3	До 10	10000	2 ч. 47 мин.

Примечание: Испытания проводить в течении времени, указанного в таблице. Температура рабочей жидкости и окружающей среды  $+25 \pm 10^\circ \text{C}$ . Допускается повышение температуры рабочей жидкости до  $150^\circ \text{C}$ .

#### 4.3.2. Требования на прочность при воздействии вибрации

Фиксированная частота, Гц	Ускорение, м/с	Амплитуда, мм	Количество циклов нагружения для одного положения	Продолжительность воздействия для одного положения, мин
1	2	3	4	5
5,0 6,25 8,0	Не контролируется	2,5	7200 9000 11520	24
10,0 12,5 16,0 20,0	9,81	Не контролируется	14400 18000 23040 28800	24
25,0 31,5 40,0 50,0 63,0	Не контролируется	Не контролируется	36000 45360 57600 72000 90720	24
80 100,0 125,0 160,0 200,0 250,0 315,0	98,1	Не контролируется	115200 144000 180000 230400 288000 350000 453600	24
400 500	98,1	Не контролируется	576000 720000	24
630 800 1000 1250,0 1600,0 2000,0	98,1	Не контролируется	226800 288000 360000 450000 576000 720000	6

Примечание: Испытания проводить с подводом рабочей среды под давлением  $P_{раб} = 28 \text{ МПа} (280 \text{ кгс/см}^2)$  в 2-х взаимно перпендикулярных положениях.

#### 4.3.3 Требования по ударной устойчивости

Изделие с поведенной рабочей средой ( $P_{раб} = 28 \text{ МПа}$ ) при ускорении  $78,48 \text{ мс}^{-2}$  (8g) и длительности импульса 12-28 мс с количеством ударов не менее 20 в каждом из трех положений воздействия по оси X, Y и Z, и частотой следования ударов 40-80 в минуту должны сохранять работоспособность и герметичность всех соединений, а само изделие не иметь механических повреждений и ослабления креплений.

#### 4.3.4. Требования к изделию при воздействии на ударную прочность

Изделие должно сохранить работоспособность герметичность всех соединений с подведенным рабочим давлением  $P_{раб} = 28 \text{ МПа} (280 \text{ кгс/см}^2)$  при воздействии общего количества ударов 10000 со следующим распределением по количеству ударов в 3-х взаимно перпендикулярных положениях

Положения	Пиковые ускорение,	Длительность удара	Число ударов в	Количество ударов
-----------	--------------------	--------------------	----------------	-------------------

	$mc^{-2}$ (g)	импульса, мс	минуту	
I	58.86(6) 78.48(8)	12-28	40-80	2333 1000
II	41,2(4,2) 54,94(5,6)			2333 1000
III	41,2(4,) 54,94(5,6)			2333 1000

Примечание: Положение I совпадает с осью Z;

Положение II совпадает с осью X;

Положение III совпадает с осью Y;

#### 4.3.5. Требования к изделию на воздействие линейного ускорения

Изделие должно сохранять работоспособность и герметичность всех соединений с подведенным рабочим давлением  $P_{\text{раб}}=28\text{МПа}(280\text{кгс}/\text{см}^2)$  при воздействии линейного ускорения  $98,1\text{ мс}^{-2}$  (10g) устанавливаемая относительно центра тяжести изделия в течении 3 мин.

Примечание: испытание проводить на центрифуге, число оборотов которой определяется по формуле:

$$n = 300 \cdot \sqrt{\frac{I}{R}}, \text{ где}$$

n- число оборотов в минуту;

I – ускорение (в единицах ускорения силы тяжести);

R-расстояние от центра вращения до центра тяжести изделия в сантиметрах

#### 4.3.6. Требования к изделию на прочность при транспортировании

Изделие не должно иметь механических повреждений, ослабления креплений и транспортировочной тары после следующих воздействий на ударном стенде.

Ускорение, $mc^{-2}$ (g)	Длительность импульса, мс	Количество ударов	Общее количество ударов	Ориентировочное количество ударов в минуту
147,15(15) 98,1(10)	10-15	5000 15000	20000	40-80

Примечание: Количество ударов для каждого значения ударного ускорения равномерно распределяется по трем взаимно перпендикулярным направлениям (осям).

#### 4.3.8. Требования к материалам

Материал и виды конструкций должны быть выбраны с учетом устойчивости к воздействиям плесневых грибов, топлив Т-1, Тс-1, Т2,Т-813, Т-6, РТ.

#### 4.3.9. Специальные требования

- специальные требования по автоматизированному контролю не предъявляются;
- метрологические обеспечения на стадиях разработки, эксплуатации должны соответствовать требованиям ОСТ 10336-79

#### 4.3.10. Требования к надежности

Показатели надежности должны соответствовать следующим значениям:

1) Безопасность:

- наработка до отказа 300000 л.ч.

2) Долговечность

- начальный назначенный ресурс 15000 л.ч;
- начальный срок службы назначенный 10 лет;
- ресурс до первого капитального ремонта 10 лет;
- назначенный ресурс 45000 л.ч;
- назначенный срок службы 20 лет;
- число срабатываний за начальный назначенный ресурс 15000.

4.3.11. Другие возможные требования, которые предоставляются к изделиям и должны быть также отражены в техническом задании при необходимости:

- требования на воздействие повышенной относительной влажности;
- требования на холодоустойчивость и теплоустойчивость;
- требования на устойчивость к воздействию пониженного атмосферного давления (вакуума);
- требования по воздействию электромагнитного излучения и солнечной радиации;
- требования по параметрам энергообеспечения;
- требования по воздействию давления рабочей среды, с целью определения запасов прочности элементов конструкции в том числе и от воздействия гидроударов и др.

### **5.Порядок выполнения лабораторной работы**

- 5.1. Изучить содержание методических указаний.
- 5.2. Получить у преподавателя конструкцию конкретного агрегата.
- 5.3. Разобраться в его конструкции и назначении.
- 5.4. Составить его принципиальную функционально структурную схему.
- 5.5. Составить проект технического задания, достаточный для проектирования данного агрегата.