|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ \_Специальное машиностроение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

КАФЕДРА Технология ракетно-космического машиностроения\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ***

***НА ТЕМУ:***

*Проектирование технологического процесса изготовления панели*

Студент группы СМ1-91  **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_** Гусева Н.А.**\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Группа) (Подпись, дата) (Фамилия)

Руководитель курсовой работы \_\_\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_**Абашин М.И.**\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Консультант **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2023г.*

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Индекс)

\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(И.О.Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсового проекта**

по дисциплине \_\_Технология ракетно-космической техники \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Студент группы \_\_\_СМ1-91\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Гусева Наталья Анатольевна \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия, имя, отчество)

Тема курсовой работы \_\_ Проектирование технологического процесса изготовления панели \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Направленность КР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)

учебная \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

График выполнения работы: 25% к \_\_\_ нед., 50% к \_\_\_ нед., 75% к \_\_ нед., 100% к \_\_\_ нед.

***Задание*** \_\_\_\_Проектирование технологического процесса изготовления панели\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***Оформление курсовой работы:***

Расчетно-пояснительная записка на \_27\_\_ листах формата А4.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания « \_\_ » \_\_\_\_\_ \_\_\_ 2023 г.

**Руководитель курсовой работы**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Технология изготовления изделия «Шар - баллон»**

1. **Назначение и основные эксплуатационные характеристики изделия «Шар - баллон»**

Изделие «Шар – баллон» предназначено для эксплуатации в составе пилотируемых космических аппаратов в качестве аккумулятора давления и используется для хранения различных газов и газовых смесей (воздух, гелий, азот) под высоким давлением при заданных условиях.

Габаритные размеры: 143x274

Толщина стенки:

основной материал: 2.6+0.1-0.3

в зоне шва: 6.2+0.1-0.3

Вес: 1.55кг.

Объем: 1.95л.

Номинальное давление: 320 кгс./см2

Максимальное давление: 350 кгс./см2

Разрывное давление: 700 кгс./см2

Эксплуатационная температура: 50С

Количество заправок: 250раз

Рабочее тело: воздух, гелий, азот

## Срок хранения: 7лет

### Обоснование выбора материала

Для данного изделия, учитывая условия его применения и требуемые эксплуатационные характеристики, основными факторами, определяющими выбор материала являются его малый удельный вес и высокая прочность. Исходя из этого, в качестве материала был выбран сплав титановый ВТ14. Этот материал отличается высокой удельной прочностью, достаточно легок, стоек к коррозии, нетоксичен, отличается высокой прочностью сварного шва и неплохо обрабатывается резанием.

Состав и механические свойства сплава ВТ14:

Содержание элементов:

Алюминий: 3.5-6.3

Ванадий: 0.8-1.9

Молибден: 2.5-3.8

Титан: все остальное

Механические свойства:

σв=1150-1400 МПА

σ0.2=1080-1300 МПА

δ=6-10%

1. **Конструктивные особенности изделия**

Шар – баллон состоит из 2 одинаковых деталей – полусфер. Каждая из полусфер состоит из цилиндрической части, сферической части, резьбового штуцера и является монолитной, т.е. изготовляется из одной заготовки методами механической обработки. Полусферы соединяются между собой сваркой их цилиндрических частей. На время испытаний на прочность на один из штуцеров накручивается специальная заглушка. Штуцера полусфер имеют шестигранные основания, в которых просверлены по два отверстия для дополнительного закрепления шар – баллона при помощи проволочных скоб.

### Особенности технологического процесса

В технологическом процессе изготовления шар – баллона можно выделить следующие основные этапы:

Получение заготовки полусферы путем горячего прессования.

Предварительная механическая обработка полусферы.

Термообработка полуфабриката полусферы.

Окончательная механическая обработка полусферы.

Сборка шар – баллона путем сварки полусфер.

Термообработка изделия окончательная.

Как видно из технологического процесса, механическая обработка полусферы проходит в два этапа. Это связанно, в частности, с большим припуском на механическую обработку у заготовки, полученной путем горячего прессования. Из – за этого деталь должна проходить термообработку для снятия остаточных напряжений после грубой механической обработки. Большой припуск объясняется, в свою очередь сложностью формы полусферы.

В процессе предварительной механической обработке заготовки используется такое специальное приспособление, как разовая втулка. Она изготавливается индивидуально под каждую заготовку. Использование разовой втулки является единственным способом надежного закрепления заготовки на этом этапе.

В последующем, для крепления заготовки, на ее штуцерную часть нарезается временная резьба. После термообработки эта резьба срезается, и на штуцер нарезается уже окончательная, рабочая резьба.

Для закрепления полусферы в трехкулачковом патроне токарного станка на обоих этапах механической обработки используются такие специализированные приспособления, как цеховое кольцо разрезное и цеховая резьбовая оправка. Эти приспособления изготавливаются отдельно для каждого типа шар – баллонов.

Из – за особенностей материала полусфер и требований к особой чистоте шва их сварка проводится в среде инертного газа в вакуумной камере.

Для сварки в вакуумной камере устанавливается специальное приспособление. Оно состоит из двух опор **2** и **3**, закрепленных при помощи болтов, установленных на днище вакуумной камеры **1**. В каждой из опор вращается на подшипниках **6** и **7** резьбовые втулки **4** и **5**. К левой втулке прилагается вращающий момент от приводного механизма **8**, также расположенного в вакуумной камере. Обе втулки могут двигаться вместе со своими опорами по специальным пазам в их основании. Это позволяет точно сориентировать полусферы друг относительно друга. Конструкция подшипников втулок позволяет компенсировать небольшие угловые отклонения оси полусферы. Для неподвижного закрепления полусфер друг относительно друга на этапе прихватки, их соединяют специальным хомутом, состоящим из двух половин **9** и **10**. После прихватки хомут снимают.

После сварки и рентгеновского контроля качества шва шар баллон проходит вторую, заключительную термообработку, для снятия остаточных напряжений в сварном шве. Далее изделие идет на покраску и испытание на герметичность шва. Один экземпляр из всей партии отправляют испытывать на разрыв в специальную камеру.

1. **Технологический процесс**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция N1: Штамповка | | | | | | |
| N | | Содержание перехода | | Приспособления и оборудование | | Параметры | |
| 1 | | Нагрев заготовки | | Печь газовая, муфель | | Время нагрева 40 мин, T=920°C | |
| 2 | | Штамповать заготовку с подогревом | | Молот штамповочный, штамп | | T=920…800°C, усилие 3т. | |
| 3 | | Обрезать облом | | Пресс обрезной, штамп обрезной | | T=700°C, усилие 630т. | |
| Операция N2: Токарная | | | | | | | |
| N | | Содержание перехода | | Инструмент | | Приспособления | |
| 1 | | Установить заготовку, выверить на биения, закрепить | |  | | Втулка разовая | |
| 2 | | Проточить штамповочный уклон до ∅147h7 | | Резец проходной | | Шаблон цеховой | |
| 3 | | Подрезать торец предварительно | | Резец подрезной | |  | |
| Операция N3: Токарная | | | | | | | |
| N | Содержание перехода | | Инструмент | | Приспособления | | |
| 1 | Установить заготовку, выверить визуально, закрепить | |  | | Цеховое кольцо разрезное | | |
| 2 | Подрезать торец штуцера, выдерживая размер 134+1 | | Резец подрезной | | Шаблон цеховой | | |
| 3 | Точить ∅30 на l=26 | | Резец проходной | | Меры концевые | | |
| 4 | Точить ∅34 на l=28 | | Резец проходной | | Меры концевые | | |
| 5 | Точить ∅27x4 под резьбу M27x1.5 5-82 на l=22 | | Резец проходной | | Меры концевые | | |
| 6 | Точить зарезьбовую канавку ∅27x4, ∅24 на l=2.5 | | Резец фасонный под канавку | | Шаблон цеховой | | |
| 7 | Точить фаску на торце штуцера | | Резец подрезной | |  | | |
| 8 | Нарезать резьбу M27x1.5 5-82 | | Кольцо резьбовое M27x1.5 5-82 | |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 9 | Сверлить отверстие ∅10 напроходную | Сверло ∅10 | Калибр ∅10H9 |
| Операция N4: Токарная | | | |
| N | Содержание перехода | Инструмент | Приспособления |
| 1 | Установить оправку в шпиндель станка |  | Оправка резьбовая |
| 2 | Расточить ∅127 на l=30±0.5 | Резец расточной | Шаблон цеховой |
| 3 | Точить внутреннюю сферу, выдерживая R63.5 | Резец на внутреннюю сферу | Шаблон на внутреннюю сферу |
| 4 | Точить наружный ∅145 на l=30+5 | Резец проходной | Шаблон цеховой |
| 5 | Точить наружную сферу, выдерживая толщину стенки | Резец на наружную сферу | Шаблон на наружную сферу |
| Операция N5: Термообработка | | | |
|  | Содержание перехода | Приспособления и оборудование | Параметры |
| 1 | Загрузить в отпускную печь | Отпускная печь, решетка |  |
| 2 | Прогрев |  | Горячий воздух 550±10°С |
| 3 | Выдержка |  | Температура 550±10°С в течении 30 мин |
| 4 | Переместить в закалочную печь | Закалочная печь, решетка |  |
| 5 | Нагрев |  | Горячий воздух 870±10°С |
| 6 | Прогрев |  | Температура 870±10°С в течении 30 мин |
| 7 | Переместить в корзину для охлаждения | Корзина для охлаждения |  |
| 8 | Охладить |  | Вода 25-45°С |
| 9 | Переместить в печь для старения | Электрическая печь с подачей воздуха |  |
| 10 | Нагрев |  | Температура воздуха от 480°С до 500°С |
| 11 | Выдержать |  | Температура воздуха от 480°С до 500°С в течение 8 часов |
| 12 | Перегрузить в корзину для охлаждения | Корзина для охлаждения |  |
| 13 | Охладить |  | воздух |
| Операция N6: Токарная | | | |
| N | Содержание перехода | Инструмент | Приспособления |
| 1 | Установить оправку в шпиндель станка |  | Оправка резьбовая |
| 2 | Точить внутреннюю поверхность, выдерживая ∅130H7 и размер 31+0.3 | Резец расточной | Кольцо калибровочное на ∅130A4 |
| 3 | Точить R65+0.5-0.2 выдерживая размер 31+0.3по чертежу | Резец на внутреннюю поверхность | Шаблон на внутреннюю поверхность |
| 4 | Точить цилиндрическую часть, по наружной поверхности выдерживая размеры 6.2±0.1, ∅31±0.5, 2.6±0.1 R5, < 90° и снять фаску 45° в размер 3.2-0.3 | Резец на наружную поверхность, Резец фасонный на R10, резец подрезной | Шаблон на наружную поверхность |
| Операция N7: Шлифовальная | | | |
| N | Содержание перехода | Инструмент | Приспособления |
| 1 | Установить оправку в шпиндель станка |  | Оправка резьбовая |
| 2 | Полировать внутреннюю и наружную поверхности (сферу) полушария, чистота обработки Rz=2.5, не нарушая размеров. | Шкурка шлифовальная, зернистость 15-20 |  |
| Операция N8: Токарная | | | |
| N | Содержание перехода | Инструмент | Приспособления |
| 1 | Установить заготовку, выверить на биения, закрепить |  | Кольцо разрезное цеховое |
| 2 | Подрезать торец в размер 132.1+0.1 | Резец подрезной | Шаблон цеховой |
| 3 | Точить ∅23.85-0.26 под резьбу M2.4x1.58g | Резец проходной | Шаблон цеховой |
| 4 | Точить ∅26h7выдерживая размер 100±0.2 и размер 32h7 | Резец проходной | Шаблон цеховой |
| 5 | Точить зарезьбовую канавку ∅19.8h7, выдерживая размер 6 и R2.5, < 15° и < 45° | Резец фасонный под канавку | Шаблон цеховой |
| 6 | Точить фаску 1.6±0.5X45° | Резец подрезной | Шаблон цеховой |
| 7 | Нарезать резьбу M2.4x1.5 | Кольцо резьбовое M2.4x1.58g |  |
| 8 | Расточить отверстие ∅11H7 | Резец расточной | Калибр ∅11A5 |
| 9 | Расточить ∅30 на l=3A5 | Резец расточной | Шаблон цеховой |
| Операция N9: Токарная | | | |
| N | Содержание перехода | Инструмент | Приспособления |
| 1 | Установить оправку в шпиндель станка |  | Оправка резьбовая |
| 2 | Точить R15±0.2 | Резец фасонный на R15 | Шаблон на R15 |
| 3 | Точить фаску 3.2+0.3x45 на торце | Резец подрезной | Шаблон цеховой |
| Операция N10: Фрезерная | | | |
| N | Содержание перехода | Инструмент | Приспособления |
| 1 | Установить деталь в делительную головку, закрепить |  | Оправка резьбовая |
| 2 | Фрезеровать грани шестигранника в размер 24H7 по чертежу с R1.5±0.5 | Фреза цилиндрическая с R1.5 |  |
| Операция N11: Сверлильная | | | |
| N | Содержание перехода | Инструмент | Приспособления |
| 1 | Установить деталь в делительную головку, закрепить |  | Оправка резьбовая |
| 2 | Сверлить 2 отверстия ∅1.3 выдерживая размер 2+0.5-0.2 по чертежу | Сверло ∅1.3 | Калибр ∅1.3 |
| Операция N12: Сварка | | | |
| N | Содержание перехода | Приспособления | Режим сварки |
| 1 | Закрепить полусферы в приспособление, смещение не более 0.5 мм | Приспособление специальное для сварки, линейка |  |
| 2 | Произвести прихватку в 2-3 местах (среда аргона) | Хомут, набор щупов | Длина каждого шва 8-10мм, диаметр электрода 5-6мм, ток сварки 200-120А, напряжение 15В, скорость сварки 6-7м/час, давление аргона 0.1 атм. |
| 3 | Первый проход (среда гелия) без присадочной проволоки | Набор щупов | Длина шва 400мм, диаметр электрода 5-6мм, ток сварки 190-210А, напряжение 9-11В, скорость сварки 6-7м/час, давление гелия 0.05 атм. |
| 4 | Второй проход (среда аргона) с присадочной проволокой, проволока диаметром 2-3 мм | Набор щупов | Длина шва 400мм, диаметр электрода 4-5мм, ток сварки 190-210А, напряжение 10-13В, скорость сварки 6-7м/час, давление аргона 0.1 атм. |
| Операция N13: Термообработка | | | |
| 1 | Загрузить в отпускную печь | Отпускная печь, решетка |  |
| 2 | Прогрев |  | Температура 550±10С° |
| 3 | Выдержка |  | 550±10С° в течении 2 часов |
| 4 | Охлаждение |  | Аргон |

1. **Испытания изделия на герметичность**

Для испытания изделия на герметичность будем использовать масс-спектрометрический метод. Основан на свойстве ионов газов, ускоренных электрическим полем, отклоняться и двигаться в однородном магнитном поле по различным траекториям в зависи­мости от массового числа ионов. Коллектор ионов, настроенный на траекторию движения одного из газов, позволяет оценить интенсив­ность пучка ионов как меру концентрации Данного газа в газовой смеси. Звуковой или световой сигнал прибора свидетельствует об утечке из изделия данного контрольного газа, а стрелочный при­бор течеискателя указывает на размер утечки, пропорциональной концентрации контрольного газа в смеси газов.

Для масс-спектрометров в качестве контрольного может быть взят любой газ, но наиболее полно всю совокупность требований при контроле герметичности удовлетворяет гелий. Его обычно применяют в смеси с воздухом или азотом (концентрация гелия 10... 60%). Иногда вместо гелия используют аргон или азот, но при этом предельная чувствительность контроля снижается из-за наличия вы­сокого фока контрольного газа в воздухе испытательного помещения. Технико-экономические преимущества аргона или азота очевидны: эти газы дешевле гелия, менее растворимы в основных конструкци­онных материалах и поэтому время на их десорбцию из названных материалов невелико - 3...4 ч (а для гелия 60,..70 ч).

Таблица 6.1. Испытания шар-баллона на герметичность

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Содержание переходов | Режимы | То | Тв |
| 1 | Посместить баллон в вакуумную камеру | М = 1,55 кг | - | 5,0 |
| 2 | Установить заглушку |  | - | 5,0 |
| 3 | Подготовить течеискатель к работе, подать давление смеси | Настройка на чувствительность 10-7 Вт | - | 30,0 |
| 4 | Проверить щупом герметичность установки заглушки и плиты. Сбросить давление | L = 50 мм, V = 5 мм/c, локальные течи недопустимы | 1,0 | 3,0 |
| 5 | Отвакуумировать систему | Pv = 100 мкПа | - | 30,0 |
| 6 | Подать в изделие давление газовой смеси | P = 1,1 Pисп | - | 3,0 |
| 7 | Снизить давление и выдержать режимнакопления утечек | P = Pисп, t = 4 мин | - | 8,0 |
| 8 | Разгрузить систему | Pv = 0, P = 0 | - | 3,0 |
| 9 | Оценить герметичность шар-баллона | Суммарная негерметичность 5\*10-7 Вт недопустима | 10,0 | 5,0 |

1. **Испытания изделия на прочность**

Режим испытаний баков в сборе приближен к реаль­ным условиям эксплуатации (характер Действующих нагрузок, ими­тация рабочей и окружающей среды, а также реальных положений бака во время эксплуатации) с целью исследования процессов зап­равки и опорожнения, действия наддува, в том числе газогенера­торного, влияния гидроудара, а также, возможно, и гейзерного эф­фекта при криогенных температурах.

Прочностные испытания проводят нагружением днищ и баков внутренним избыточным давлением Рисп, значение которого за­висит от рабочего давления в баке в процессе его эксплуатации (Рраб), т.е. определяется с помощью принятого расчетного коэф­фициента безопасности;

Рисп =  Рраб

где  - коэффициент безопасности (он составляет 1,1-1,35 и, в особо ответственных случаях, связанных с жизнедеятельностью человека, 1,5-2,0).

Рабочее давление в баках 0,3 …0,6 МПа, иногда - до 3 МПа. При больших внутренних объемах V изделия условия его испытаний достаточно сложные, так как связаны с выполнением требований по эксплуатации испытательных установок и по технике безопасности проводимых работ, а также правил регистрации и технического пересвидетельствования стенодового хозяйства Госгортехнадзором (не реже одного раза в 3 года).

Стенды для испытаний на прочность и их технологическую оснастку рассчитыва­ют с коэффициентом безопасности, составляющем  = 4. Для подобных стендов энергоемкость *PV* = 30.. .60 МПа\*м3. Существуют и испытательные боксы с энергоемкостью *PV* = *1...3* ГПа\*м3, использу­емые в опытных работах для специальных целей, в частности для оценки динамической прочности конструкций под действием энергии ударной волны взрыва. Все стенды с *PV =* 0,5 МПа м3 подлежат регистрации Госгортехнадзором и представляют собой бронеустройства различной степени защищенности и конструктивного исполнения (бронекабины, бронекамеры, бронебункеры, бронешкафы, бронебоксы, броневанны, бронеколпаки, бронещиты).

В качестве рабочей среды для нагружения бака внутренним давлением обычно используют жидкость, которая в силу своей не­сжимаемости (практически сжимаемость очень мала) позволяет избе­жать опасного накопления энергии.

Применение газа вместо жидкости для испытаний на прочность позволяет более полно имитировать реальные условия эксплуатации емкостной конструкции, работающей со сжатым газом. Важными технологическими преимуществами при этом являются отсутствие сушки изделия перед последующими испытаниями на герметичность и исклю­чение возможности пропуска дефекта герметичности (при применении жидкости такой дефект может оказаться закрытым ею, так как она обладает эффектом облитерации и трудноудалима из дефекта в про­цессе сушки изделия). Последнее преимущество особенно важно для ряда баков, предназначенных для длительной работы в условиях ко­смоса. Испытания таких баков (их объемы до 10-15 м3) на проч­ность проводят под давлением воздуха. При этом для снижения значения PV во внутренние полость бака вводят технологический балласт - жесткое тело, уменьшающее объем, заполненный воздухом. Б основном газовая рабочая среда наиболее характерна для проч­ностных испытаний конструкций пневмогидроавтоматики (корпуса клапанов, редукторов и т.п.), имеющих весьма малые объемы для требуемых высоких давлений испытаний. Предельная энергоемкость (PV) изделий, подлежащих пневматическим испытаниям на прочность, как минимум, в 2-2,5 раза ниже предельной энергоемкости изделий, подлежащих таким же гидравлическим испытаниям.

Прочность большинства баков обычно определяют с помощью рабочей жидкости - воды, удовлетворяющей требованиям стандарта, а также условиям пожаровзрывобрзопасности и нетоксичности. Для придания воде антикоррозионных свойств в ней растворяют 0,02...0,80 % двухромовокислого калия (K2 Cr2 O7), получая так на­зываемый раствор хромпика. Если испытываемое изделие должно быть защищено от контакта с водой (например, при испытаниях оболочек из композиционных материалов), то применяют специальные раздели­тельные слои в виде резиновых чехлов или мешков, устанавливаемых внутри изделия. Суть испытания на прочность баков - создание в них избыточного давления воды Рисп за указанное время (обычно3...5мин), выдержка (5 мин, иногда 10...30 мин). При этом па­дение давления не должно превышать 2 % от начального. После сбро­са давления изделие считается успешно прошедшим прочностные ис­пытания. Кроме того, оно не должно иметь видимых отклонений фор­мы (например, вспучиваний стенки, поверхностных трещин и следов отпотевания стенки, фиксируемых визуально или отпечатком на фильтровальной бумаге).

Таблица 7.1. Испытания шар-баллона на прочность

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Содержание переходов | Режимы | То | Тв |
| 1 | Установить бак в бокс | М = 1,55 кг | - | 10,0 |
| 2 | Заполнить бак водой до появления ее из верхнего отверстия. Установить заглушку. | V = 2 литра | 2,0 | 10,0 |
| 3 | Провести испытательный режим | См. график | 40,0 | 50,0 |
| 4 | Оценить результаты испытания | Нормы прочности, объема и деформаций | 60,0 | 15,0 |