|  |  |
| --- | --- |
| *Описание: voenmeh* | МИНОБРНАУКИ РОССИИ  федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  **(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)** |
| БГТУ.СМК-Ф-4.2-К5-01 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет |  |  |  | «Оружие и системы вооружения» |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Кафедра |  | 27.04.04 |  | «Управление в технических системах» |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Дисциплина |  | «Методы испытаний взрывателей и средств поражения» | | |

КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему

|  |
| --- |
| Испытания на воздействия температур. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы | | | |  | Е6М31 |
| Филиппов Александр Вячеславович | | | | | |
| Фамилия И.О. | | | | | |
| **РУКОВОДИТЕЛЬ** | | | | | |
| Маслов Д.В. | |  |  | | |
| Фамилия И.О. Подпись | | | | | |
| Оценка |  | | | |  |
| «\_\_\_\_\_» |  | | | | 201\_г. |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018 г

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)**

УТВЕРЖДАЮ:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Заведующий кафедрой | | | Е6 |
|  |  | Егоренков Л.С. | |
| подпись |  | Фамилия И.О. | |

З А Д А Н И Е

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| на курсовой проект по дисциплине | | | | | | «Методы испытаний взрывателей и средств поражения» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| выполняемый в | | | | 11 | семестре | | | 2018 | | | - 2019 | | | | уч. года | | |  | | |  | | |
| студенту | | Филиппову Александру Вячеславовичу | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| группы | | Е6М31 | факультета | | Е | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Тема работы | | Испытания на воздействия температур | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Дата выдачи задания | | | | | | | | |  | | | | 21.09 | | | 2018 г. | | |  | | |  | | |
| 3 | Сроки сдачи студентом оконченного проекта | | | | | | | | |  | | | | 19.12 | | | 2018 г. | | |  | | |  | | |
| 4 | Техническое задание | | | | | | | | |  | | | |  | | | 20\_\_\_ г. | | |  | | |  | | |
|  | Исходная технико-экономическая информация к проекту | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Знакомство с нормативными документами и методами проведения испытаний. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Изучить испытательное оборудование. Использовать отечественные и зарубежные | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | источники информации. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Состав и объем проекта | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | |
|  | 5.1 | Чертежи, схемы, диаграммы: | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | Чертеж, схемы установок, рисунки. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 5.2 | Программа расчетов на ЭВМ | | | | | Не требуется | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 5.3 | Расчетно-пояснительная записка к проекту на | | | | | | | | | |  | | | | стр. | | |  | | |  | | |

|  |  |
| --- | --- |
| 6 | Календарный план выполнения курсового проекта |
|  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Этап | Краткое содержание | Срок выполнения | |
| по плану | фактически |
| 1 | Знакомство с нормативными документами. | 21.09.18 |  |
| 2 | Испытания на воздействия температур: на теплопроводность ,холодостойкость, на воздействие смены температур. | 19.10.18 |  |
| 3 | Методы и установки для проведения испытаний. | 23.11.18 |  |
| 4 | Оформление пояснительной записки. | 19.12.18 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | Дополнительные указания по проектированию | | | Клюев В.В “Испытательная техника” |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
| 8 | Отзыв руководителя |  | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
| 9 | Общая оценка о работе студента | |  | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |  | | | |
|  |
|  |
|  |

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись ФИО

дата

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись ФИО

дата

Оглавление

[Введение 5](#_Toc527585857)

[1. Климатические испытания. Организация климатических испытаний 5](#_Toc527585858)

[2.Основные параметры, характеризующие процесс испытаний 10](#_Toc527585859)

[3. Оборудования для температурных испытаний 11](#_Toc527585860)

[3.1 Камеры для испытаний на теплоустойчивость. 11](#_Toc527585861)

[3.2 Камеры для испытаний на холодоустойчивость  12](#_Toc527585862)

[3.3 Комбинированные камеры промышленного изготовления 14](#_Toc527585863)

[3.4 Испытания на резкое изменение температуры 15](#_Toc527585864)

[3.5 Контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура . 16](#_Toc527585865)

[3.6 Регистрация и регулирование температуры.. 18](#_Toc527585866)

[3.7 Испытания на теплоустойчивость и холодоустойчивость.. 20](#_Toc527585867)

[3.8 Испытание на воздействие смен температур (циклическое воздействие температур) 21](#_Toc527585868)

[4.Климатические камеры для проведения испытаний. 21](#_Toc527585869)

[4.1 Испытания на воздействие повышенной/пониженной температуры среды 21](#_Toc527585870)

[4.2 Испытания на воздействие повышенной/пониженной температуры среды и воздействие повышенной влажности. 22](#_Toc527585871)

[4.3 Испытание на воздействие повышенной/пониженной температуры среды и пониженного атмосферного давления 22](#_Toc527585872)

[Выводы 24](#_Toc527585873)

[Список использованных источников 25](#_Toc527585874)

**Введение**

В процессе работы разнообразные приборы и системы часто сталкиваются с тем, что температура внешней среды изменяется, причем до значительных уровней по сравнению с нормальными условиями, а самое главное порой очень резко. Нет никаких сомнений, что изменение температуры влияет на рабочие характеристика прибора и на его работоспособность. Поэтому испытания на воздействие изменения температуры, в том числе, на резкое изменение температуры, являются одними из основных при изучении работы прибора в различных условиях.

# 1. Климатические испытания. Организация климатических испытаний

Испытания на изменения температуры входят в комплекс климатических испытаний приборы и системы.

*Цель климатических испытаний* - проверка работоспособности изделий в усло­виях воздействия климатических факторов. К климатическим факторам относятся следующие параметры:

* + - * температу­ра;
      * влажность;
      * атмосферное давление.

Программу и методику климатических испытаний составляют так, что­бы возможно полнее воспроизвести наиболее тяжелые условия эксплуатации. При этом имеют в виду, что воз­действие климатических факторов определяется не толь­ко абсолютными значениями температуры, влажности и давления, но и скоростью их изменения. Ввиду сложно­сти реализации таких условий испытания и высокой стоимости оборудования, рассчитанного на регулирова­ние одновременно нескольких климатических факторов, на практике обычно ограничиваются раздельными испы­таниями (при воздействии отдельных климатических факторов).

К типичным климатическим испытаниям относят испытания на теплоустойчивость, влагоустойчивость, термоудары и холодоустойчивость. Наиболее обширной и разнообраз­ной областью испытаний являются так называемые спе­циальные испытания. К этой группе относят испытания на воздействие повышенного атмосферного давления, на высотность, на воздействие соляного (морского) тумана, на грибоустойчивость, на воздействие пыли, на устойчи­вость к воздействию инея и росы. Однако такая класси­фикация условна, так как некоторые испытания, отне­сенные к специальным, могут быть включены в климати­ческие.

В ГОСТ 16350-80 Климат. «Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей» указаны климатические районирования, характеристики климатических районов по температуре воздуха и.д

Для каждого из климатических районов выделен представительный и экстремальный пункты, указанные в табл. 3.

Таблица 1

| Макроклиматический район | Климатический район | | Критерий района | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Обозначение | Средняя месячная температура воздуха. | | Средняя месячная относительная влажность воздуха в июле в 13 ч, % | Число дней в году с минимальной температурой воздуха ниже минус 45 °С, сут |
| январь | июль |
| Холодный | Очень холодный | I1 | От -50 до -30 | От 2 до 18 | - | От 10 до 100 |
|  | Холодный | I2 | От -30 до -15 | От 2 до 25 | - | От 1,0 до 10,0 |
| Умеренный | Арктический приполюсный | II1 | От -33 до -28 | От - 1 до 0 | Более 90 | От 0 до 2 |
|  | Арктический восточный | II2 | От -28 до -18 | От 0 до 8 | Более 80 | От 0 до 0,1 |
|  | Арктический западный | II3 | От -30 до -2 | От - 1 до 12 | Более 80 | От 0 до 2 |
|  | Умеренно холодный | II4 | От -30 до -15 | От 6 до 25 | - | От 0,1 до 1,0 |
|  | Умеренный | II5 | От -15 до -8 | От 8 до 25 | Менее 80 | - |
|  | Умеренно влажный | II6 | От -15 до -10 | От 10 до 20 | 60 и более | - |
|  | Умеренно теплый | II7 | От -8 до -4 | От 16 до 25 | Менее 70 | - |
|  | Умеренно теплый влажный | II8 | От -8 до -4 | От 16 до 25 | 70 и более | - |
|  | Умеренно теплый с мягкой зимой | II9 | От -4 до 0 | От 16 до 25 | Менее 70 | - |
|  | Теплый влажный | II10 | От 0 до 4 | От 20 до 25 | Более 70 | - |
|  | Жаркий сухой | II11 | От -15 до 4 | От 25 до 30 | Менее 40 | - |
|  | Очень жаркий сухой | II12 | От -4 до 4 | От 30 и выше | Менее 20 |  |

Примечания:

1. Число дней с температурой воздуха ниже минус 45°С, равное 0,1, означает, что такая температура наблюдается один раз в 10 лет.

2. Северная граница района II11 установлена по средней годовой относительной влажности воздуха 65%.

3. Северная граница района II7 установлена по средней годовой относительной влажности воздуха 80%.

Таблица 2

| Макроклиматический район | Климатическая характеристика гор выше 2000 м | | | | | |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Горы выше 2000 м | | Средняя месячная температура воздуха, °С | | Средняя месячная относительная влажность воздуха в июле в 13 ч, % | Число дней в году с минимальной температурой воздуха ниже минус 45 °С, сут. |  |
| Наименование | Обозначение |  |
| январь | июль |  |
| Холодный и умеренный | Средняя Азия | ( I + II ) А | От -20 до 0 | От 0 до 25 | Более 40 | - |  |
| Умеренный | Кавказ | II К | От -12 до 4 |  |  | - |  |

Таблица 3

| Макроклиматический район | Климатический район | | Пункт | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Обозначение | представительный | экстремальный |
| Холодный | Очень холодный | II1 | Якутск | Оймякон |
|  | Холодный | II2 | Салехард |  |
| Умеренный | Арктический приполюсный | II1 | широта 84° с. ш.  долгота 180° |  |
|  | Арктический восточный | II2 | Тикси  м. Шмидта |  |
|  | Арктический западный | II3 | Диксон |  |
|  | Умеренно холодный | II4 | Тюмень | Улан-Удэ |
|  | Умеренный | II5 | Москва | Мурманск  Волгоград |
|  | Умеренно влажный | II6 | Владивосток | Курильск |
|  | Умеренно теплый | II7 | Киев | Ростов-на-Дону |
|  | Умеренно теплый влажный | II8 | Минск | Рига  Таллинн |
|  | Умеренно теплый с мягкой зимой | II9 | Одесса | Новороссийск |
|  | Теплый влажный | II10 | Батуми | Астара |
|  | Жаркий сухой | II11 | Ташкент |  |
|  | Очень жаркий сухой | II12 | Ашхабад | Термез |

Данные этих пунктов характеризуют климатический район соответственно по средним и предельным значениям большинства климатических факторов.

Нормы испытательных режимов (температура, отно­сительная влажность, давление и т. п.) и продолжитель­ность их воздействия определяются НД. Для изделий может быть указано несколько значений (степеней жест­кости) одного и того же воздействующего климатиче­ского фактора. Так, для верхнего значения температуры воздуха при эксплуатации изделия ГОСТ 16962-71 уста­навливает 15 степеней жесткости, а для нижнего 9. На­пример, для степени жесткости I максимально допусти­мое значение температуры +40°С, минимально допустимое + 1°С, для степени жесткости XV максимальное зна­чение температуры равно +500°С.

Большое значение для получения правильных данных имеет последовательность различных видов испытаний. Климатические испытания проводят, как правило, после механических испытаний. Это объясняется тем, что пос­ле механических испытаний может произойти увеличе­ние числа капилляров в изоляции, появление трещин и зазоров. Воздействие же климатических факторов усу­губляет эти явления.

Разрушающее действие различных климатических факторов зависит от последовательности их воздействия. Наиболее тяжелая последовательность — это испытание на теплоустойчивость (Т), на влагоустойчивость (В), а затем на холодоустойчивость (X), которая сокращенно обозначается Т—В—X. Возможны и другие последова­тельности: Т—Х—В, В—Т—Х, В—Х—Т, Х—В—Т и Х—Т—В. Последовательность проведения испытаний указывается в НД. Если нет специальных указаний, то испытания ведут в такой последовательности: механиче­ские, смена температур, на теплоустойчивость, на влагоустойчивость, на холодоустойчивость.

Методы климатических испытаний регламентируются стандартом, полный ассортимент которого содержит ме­тоды, начиная от 201 до 220 включительно (ГОСТ 16962-71). Каждый метод может иметь модифи­кации. Например, метод 201 (испытание на теплоустой­чивость при эксплуатации) имеет две модификации:201-1 и 201-2. Первая модификация устанавливает ме­тодику испытания изделий без электрической нагрузки, а вторая — под электрической нагрузкой. Стандартом определена и цель каждого метода испытания. Напри­мер, испытания методом 201 проводят с целью провер­ки степени влияния температуры на параметры изделия и проверки сохранения внешнего вида изделий в усло­виях и после воздействия верхнего значения темпера­туры.

В процессе работы разнообразные приборы и системы часто сталкиваются с тем, что температура внешней среды изменяется, причем до значительных уровней по сравнению с нормальными условиями, а самое главное порой очень резко. Нет никаких сомнений, что изменение температуры влияет на рабочие характеристика прибора и на его работоспособность. Поэтому испытания на воздействие изменения температуры, в том числе, на резкое изменение температуры, являются одними из основных при изучении работы прибора в различных условиях.

# 2. Основные параметры, характеризующие процесс испытаний.

Основными параметрами, характеризующими процесс испытаний, являются следующие:

* *исходная температура;*
* *повышенная и пониженная температура;*
* *скорость изменения температуры;*
* *длительность выдержки при различных температурах;*
* *число циклов* ( цикл- выдержка от исходной температуры до первой испытательной температуры, затем до второй испытательной температуры и снова до исходной температуры).

Подробнее хотелось бы остановиться на таком параметре, как длительность выдержки. На рисунке 1 представлен график зависимости изменения температуры изделия от времени. Ниже приводится пояснение, как с помощью такого графика определить длительность выдержки.

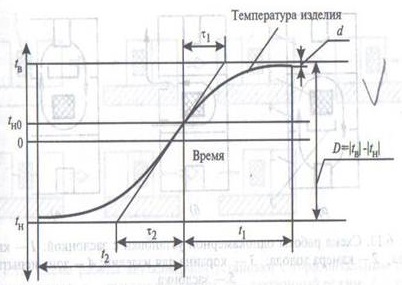


Рис. 1 – Зависимость изменения температуры изделия от времени

**Порядок определения длительности выдержки по графику на рисунке 1:**

* Снять зависимость изменения температуры изделия от температуры окружающей среды;
* Определить постоянную времени ;
* Определить длительность выдержки:

а) если d<0,01D, то t>5 ;

б) если d<0,1D, то t>2,5 .

# 3. Оборудования для температурных испытаний.

## **3.1 Камеры для испытаний на теплоустойчивость.** Для испытаний на теплоустойчивость применяют специальные камеры тепла или комбинированные камеры—термобарокамеры и термовлагокамеры.

Конструктивно простейшая камера тепла представляет собой шкаф с двойными стенками (рис. 2), между которыми размещен подогре­ватель 2. Подогретый воздух засасывается вентилято­ром 1 во внутренний объем камеры (рабочий объем). Отдав часть тепла испытуемым изделиям, воздух воз­вращается к подогревателю через свободное пространст­во между стенками и, сно­ва подогревшись, поступает опять в камеру. Такая цир­куляция воздуха обеспечивает его перемешивание, а следовательно, и одинаковую температуру во всех точках камеры. Обеспечение равно­мерной температуры в рабочем объеме камеры достига­ется размещением нагревательных элементов на дне, стенках и двери камеры. Питающее напряжение и кон­трольно-измерительные приборы к испытуемым изделиям подключаются через специальные изолированные вы­воды.

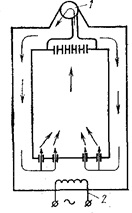


Рис. 2 – Схема устройства камеры тепла

В некоторых случаях предпочтительнее применять испытательные установки, в которых используются внешние нагреватели. Установка такого типа (рис. 3.) содержит хорошо изолированную камеру и систему замкнутой вентиляции. Воздух заданной температуры прогоняется через рабочее пространство с помощью цир­куляционного вентилятора 5. Датчик температуры / кон­тролирует температуру в камере. На основании показа­ний этого датчика регулятор температуры 2 задает про­грамму электротермическому устройству 8, которое подогревает воздух, поступающий в камеру, до нужной температуры. Из камеры воздух поступает на устройство предварительного нагрева и очистки 4, где установлен датчик влажности. Сигналы с этого датчика поступают на регулятор относительной влажности 3. Сюда же по­ступают и сигналы с другого датчика влажности 7. Сравнивая эти сигналы, регулятор с помощью устройст­ва увлажнения воздуха 6 доводит воздух до нужной относительной влажности.

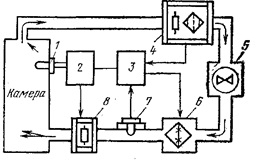


Рис. 3 – Высокотемпературная камера с внешним нагревом воздуха.

## **3.2 Камеры для испытаний на холодоустойчивость.** Полу­чение низких температур достигается двумя способами: непосредственным охлаждением с помощью охлаждаю­щего агента (жидкого азота, твердого угольного ангид­рида - сухого льда, кислорода) и косвенным охлажде­нием с помощью компрессорной установки.

*При, непосредственном охлаждении* небольших камер наибольшее применение получила двуокись углерода. Нагрев твердой углекислоты приводит к превращению ее в безвредный и практически не вызывающий корро­зию газ. Углекислоту в твердом состоянии целесообраз­но применять при редких и кратковременных испыта­ниях. Камера для таких испытаний представлена на рис. 4.

Безымянный

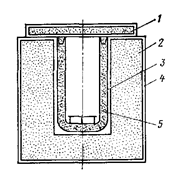


Рис. 4 – Камера холода с использованием твердой углекислоты

Недостатки данного способа: непостоянство темпера­туры в камере из-за плохой теплопередачи путем кон­векции, так как холодный воздух обычно опускается вниз камеры; зависимость температуры в камере от ко­личества загруженных в нее изделий; ограниченные раз­меры камеры. Перемешивание воздуха с помощью вен­тилятора несколько уменьшает два первых указанных выше недостатка. Достоинства данного способа: быст­рая установка температуры, экономичность, простота обслуживания, бесшумность.

*Косвенный способ охлаждения* основан на свойстве жидкости при испарении поглощать тепло из окружаю­щей среды. Техническое осуществление данного способа основано на использовании компрессионной испаритель­ной системы охлаждения. Принцип действия этой систе­мы заключается в следующем: газообразный хладоагент сжимается компрессором до давления, обеспечивающего конденсацию. Жидкий хладоагент, проходя по радиато­рам, испаряется и охлаждает окружающую среду. Кон­структивная схема такой камеры холода приведена на рис. 5. В установке создается замкнутая цепь, по которой циркулирует газ фреон. Из конденсатора 1 жид­кий фреон под большим давлением подается в испари­тель 2, где он расширяется и испаряется, поглощая при этом тепло и охлаждая тем самым рабочее пространство камеры. Пары фреона из испарителя отсасывает ком­прессор низкого давления 3 и нагнетает их в охлади­тель 4. Здесь газ охлаждается и сжимается. Из охлади­теля фреон отсасывается компрессором среднего давления 5 и подается в охла­дитель 6. Компрессор вы­сокого давления 7 нагне­тает газ в конденсатор 1. Для перемешивания воздуха в рабочем объеме камеры предусмотрен вентилятор 8.

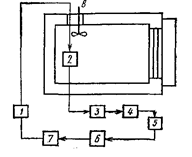


Рис. 5 – Схема холодильной установки с косвенным охлаждением

Для питания испытуемого изделия и подключения к нему измерительной и испытательной аппаратуры в ка­мере предусмотрены изолированные выводы. Автомати­ческое регулирование температуры в камере холода ана­логично автоматическому регулированию температуры в камере тепла.

Для испытаний на холодоустойчивость, помимо термокамер, могут применяться описанные выше термобарокамеры типа МПС, а также различные специальные низкотемпературные камеры типа ТКС. Так, низкотем­пературная камера ТКС-0,15-70 косвенного охлаждения представляет собой единую установку совместно с холо­дильной двухступенчатой машиной ФДС-0.15М, работаю­щей на фреоне-22, и пульта управления. Температурный режим в камере от —20 до —70°С поддерживается авто­матически с точностью ±2°С.

## **3.3 Комбинированные камеры промышленного изготовле­ния.**

Современными установками, позволяющими полу­чить низкие и высокие температуры с одновременным понижением давления в рабочем объеме, являются термобарокамеры МПС 500У и МПС 1000У. Число, стоящее вслед за обозначением типа, означает полезный объем камеры в литрах, а индекс У - что в данной камере, кроме тепла и холода, можно получить пониженное дав­ление (т. е. универсальная камера).

Испытательные камеры этого типа имеют форму ле­жащего цилиндра. На торцевой стороне имеется одно­створчатая дверь с запорами, через которую загружают испытуемые изделия. В двери установлено многослойное стеклянное окно для наблюдения рабочего пространст­ва камеры. Между стеклами окна в двери помещают силикагель для исключения запотевания. Влага из самой камеры удаляется также с помощью силикагеля. Для подключения электрических проводов на внешнем кожу­хе расположены два кабельных прохода. Внутри рабоче­го пространства расположена буксовая плита для под­ключения 32 измерительных проводов. В камере имеется освещение.

Повышение температуры в камере достигается с по­мощью электрокалориферов, расположенных под полом рабочей камеры. Температуру контролируют и регист­рируют два датчика температуры. Равномерная темпера­тура достигается в установке за счет принудительной циркуляции, обеспечиваемой вентилятором.

Другим видом комбинированных камер являются тепловлагокамеры типа ТВК (рис. 6), выполненные в виде прямоугольного шкафа. Для подводки электриче­ских проводов на левой стенке расположено 36 электро­дов. Получение необходимой температуры в камере / достигается с помощью безынерционного электронагре­вателя 3, а калорифер 2 служит для снижения темпе­ратуры окружающей среды на 10—20°С (за счет пропус­кания охлаждающей воды или сжиженного газа). Максимальная температура нагрева камеры +100°С. Скорость повышения температуры 1—2°С/мин. Нерав­номерность нагрева не более ±2°С. Равномерное распре­деление тепла по всему объему камеры достигается цир­куляцией и перемешиванием с помощью осевого вентилятора 9. Увлажнение воздуха в камере достигается испарителем влаги 4 с нагревателем 5, расположенным вне камеры. Определенный режим влажности достига­ется принудительной циркуляцией воздуха вентилято­ром 6 через испаритель 4.

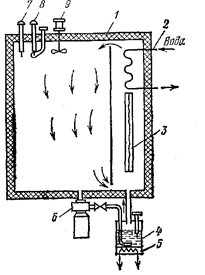


Рис. 6 – Схема устройства тепловлагокамеры ТВК-1

Относительная влажность может достигать 98% при температуре воздуха от +15 до +60°С. Скорость повы­шения относительной влажности 0,25%/мин. Возможная неравномер­ность ±2%. Контроль, регулирование и автома­тическое поддержание температуры и влажности обеспечивается «сухим» 7 и «влажным» 8 контакт­ными термометрами.

Предприя­тием «НЕМА» в Германии вы­пускаются термокамеры ТУ 1000 и ТУ2000, пред­назначенные для испыта­ния изделий в диапазоне температур от +120 до —70°С, и термобарокамеры ТВ VI 000 и ТВУ2000, в которых, кроме испыта­ний на тепло- и холодо­устойчивость, можно про­водить испытания на воз­действие давления в диа­пазоне от атмосферного до 133 Па. Температура поддерживается с точностью ±1°С, а постоянство давления с точностью от 66,5 до 266 Па (от 0,5 до 2 мм рт. ст.).

## **3.4 Испытания на резкое изменение температуры.**

При такого рода испытаниях используется установка с двумя ваннами, заполненными жидким термоносителем для более сильного температурного воздействия. Плавное перемещение поворотного устройства (см. рис.7) обеспечивает минимальное разбрызгивание жидкой среды.

Схема работы такой установки приведена на рисунке 7

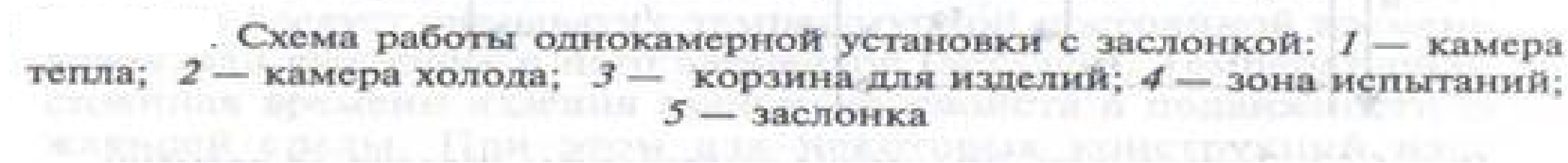
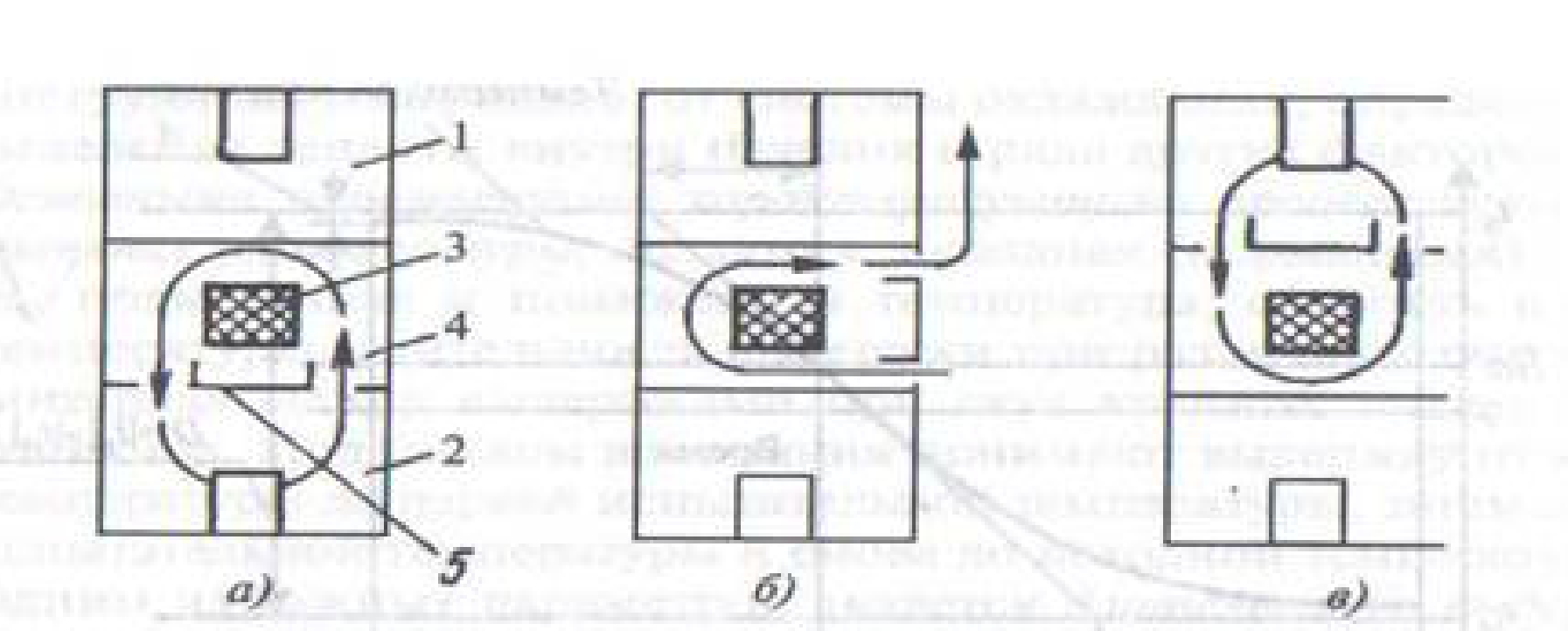


Рис. 7 – Схема работы однокамерной установки с заслонкой

При использовании двухкамерных установок с горизонтальным перемещением камер камеры подводятся к стационарно расположенным в специальной стальной корзине изделиям, а интенсификация охлаждения с помощью впрыскивания хладагентов.

На рисунке 8 представлена схема такой установки.

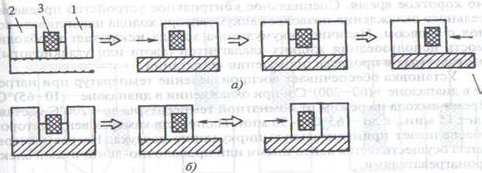


Рис. 8 – Схема двукамерной установки испытаний.

Параметры таких испытаний (установок) следующие:

а) диапазон при нагреве +(60-200)°С, а при охлаждении -(10-65) °С ;

б) время выхода на +200°С составляет 15 минут, а на -65°С - 90 минут;

в) установка термодатчика непосредственно в зоне испытаний.

## **3.5 Контрольно-измерительная и регулирующая аппара­тура.** В камерах тепла и холода, используемых для испы­таний изделий, должен вос­производиться температурный режим с точностью не ниже ±3°С для диапазона температур от —85 до +100°С, ±5°С для диапазона температур от +100 до +200°С и ±10°С для температур свыше +200°С. Для регулирования температуры внутри камеры используют различные устройства автоматического регулирования температуры. Эти устройства состоят из трех основных частей: чувствительный элемент с необходимыми преоб­разователями, регулятор и устройство записи или инди­кации. Каждая из этих частей выполняет свою функ­цию, подчиненную общей задаче контроля и регулиро­вания. Чувствительный элемент воспринимает величину переменного параметра, которую он контролирует.

В качестве чувствительных элементов при контроле температуры используют термопары, термисторы, терморезисторы, ртутно-контактные термометры, биметалличе­ские реле. Преобразователи служат для усиления или преобразования сигнала, вырабатываемого чувствитель­ным элементом, в вид, удобный для дальнейшего исполь­зования. В функцию регулятора входит поддержание за­данных условий испытания на основе анализа сигналов, получаемых от чувствительного элемента. В регуляторах могут использоваться автоматические программирующие устройства, позволяющие создавать сложные режимы испытания. Устройства записи обеспечивают автомати­ческую регистрацию воздействующих параметров и их изменение во времени. Для визуальной индикации воз­действующих параметров и правильности функциониро­вания испытательной установки служат различные устройства индикации.

*Чувствительный элемент*. Выбор чувствительного эле­мента зависит в основном от перекрываемого диапазона температур, заданной точности измерения и его инер­ционности. Перекрываемый термопарами температурный диапазон лежит в пределах от —180 до +2500°С, что является более чем достаточным для большинства испы­таний на воздействие окружающей среды. Термисторы имеют ограниченный температурный диапазон (от —70 до 200°С), поэтому они по сравнению с термопарами реже используются для контроля температуры в испыта­тельных камерах.

Системы для измерения температуры с использова­нием в качестве чувствительных элементов термопар и терморезисторов обеспечивают измерение с точностью 0,25% от измеряемой величины, а применение термоме­тров (ртутных, газонаполненных, наполненных легкоки­пящей жидкостью) — с точностью не менее 1 %. Следо­вательно, по этому показателю термопары и термисторы имеют явное преимущество.

Другой характеристикой чувствительного элемента, которую необходимо учитывать, является его тепловая инерция. Термометры с наполнением имеют большую тепловую инерцию, чем термопары, состоящие из двух тонких проводов, или термисторы, состоящие из неболь­шой катушки с прецизионным легким калиброванным проводом.

*Регулятор*предназначен для приема сигнала от пре­образователя или непосредственно от чувствительного элемента и преобразования его в полезный выходной сигнал, который может быть использован для регулиро­вания температуры. Простейшим является автоматиче­ский релейный регулятор с попеременным включением и выключением нагревательного элемента. В общем слу­чае это достигается с помощью ртутного выключателя, микропереключателя или реле. Более сложными являют­ся пропорциональные регуляторы, обладающие способ­ностью вырабатывать выходной сигнал, величина кото­рого является функцией интенсивности сигнала, посту­пающего на вход регулятора. Примером системы такого типа, получившей широкое распространение, является время-импульсный регулятор. Рис. 9 иллюстрирует принцип действия такого регулятора.



Рис. 9 – Принцип работы время - импульсного регулятора

Диапазон пропорционального регулирования равен 20° С (по 10°С влево и вправо от заданного значения), что соответствует нескольким процентам полной шкалы прибора. В начале диапазона регулирования нагрева­тель включен в течение всего десятисекундного периода времени, являющегося длительностью импульсного цикла. При приближении к заданному (номинальному) значению температуры продолжительность включенного состояния нагревателя уменьшается, а время выключен­ного состояния увеличивается. При этом общая продол­жительность цикла все время составляет 10 с. При достижении заданного значения температуры время вклю­ченного и выключенного состояний нагревателя одинако­во и составляет 5 с. При переходе за заданное значение температуры продолжительность включенного состояния становится меньше 5 с и уменьшается до тех пор, пока не станет равным 0 в конце диапазона регулирования.

## **3.6 Регистрация и регулирование температуры**. Из много­численных типов приборов для измерения температуры наиболее часто применяют термопары. Это объясняется их простотой, прочностью и приемлемой точностью.

В качестве примера приведена схема измерительно­го потенциометра (рис. 10), широко используемого в качестве регистрирующего и регулирующего устройств.

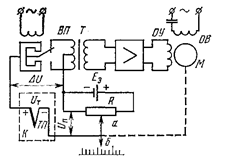


Рис. 10 – Схема электронно автоматического потенциометра

Из схемы рис. 10 ясно, что энергия для перемещения движка аб не потребляется от компенсирующего эта­лонного источника питания , а берется от сети пере­менного напряжения. Поэтому измерительный потенцио­метр может одновременно с регистрацией температуры выполнять функции регулирующего устройства.

Другим, также широко используемым устройством регистрации и регулирования является автоматический мост. Устройство моста имеет много общего с автомати­ческим потенциометром. На рис. 11 показана схема электронного автоматического моста с использованием параметрического датчика Д(К.4), включенного в одно из плеч мостовой схемы тремя проводами (для темпе­ратурной компенсации).

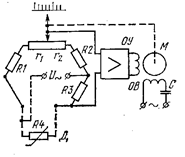


Рис. 11 – Схема электронного автоматического моста

Питание моста осуществляется переменным напряжением. Напряжение разбаланса, сни­маемое движком потенциометра, усиливается фазочувствительным усилителем и подается в обмотку управле­ния двухфазного асинхронного электродвигателя М. Двигатель, вращаясь, перемещает движок потенциометра до тех пор, пока мост не сбалансируется. Указа­тель движка на шкале отмечает величину измеряемого параметра.

## **3.7 Испытания на теплоустойчивость и холодоустойчи­вость**. Различают испытания на теплоустойчивость и хо­лодоустойчивость при эксплуатации, при транспортиро­вании и хранении.

*Испытание на теплоустойчивость при эксплуатации* проводят с целью проверки параметров и проверки со­хранения внешнего вида изделий в условиях и после воздействия максимально допустимой температуры. Испытания изделий проводят без электрической нагруз­ки, а греющихся изделий — под электрической нагрузкой. Перед испытаниями производят визуальный контроль и проверку механических свойств изделий (механиче­ский контроль), а также измерение их электрических параметров. Затем проверяют контрольно-измеритель­ную аппаратуру и надежность поддержания в камере заданного значения температуры с требуемой точ­ностью. Изделие помещают в камеру тепла. Затем уста­навливают в ней нужную температуру, при которой выдерживают изделия в течение времени, достаточного для достижения теплового равновесия.

Измерение контролируемых параметров производят после того, как испытуемые изделия будут иметь задан­ную температуру. По истечении времени испытаний изделие извлекают из камеры. Далее следует период восстановления, когда изделие выдерживается в нор­мальных атмосферных условиях. Период восстановления определяется временем, необходимым для приобретения изделием нормальной температуры. Он может быть от 1 до 6 ч. В заключение проверяют внешний вид, меха­нические свойства изделия и измеряют электрические параметры. При проверке внешнего вида обращают вни­мание на изменение цвета и целостность защитного покрытия, состояние сопрягаемых деталей.

Разновидностью данного вида испытаний является испытание на тепловой удар, при котором изделия помещают повременно в жидкости, находящиеся при минимальной и максимальной допустимых температурах (по ТУ).

*Испытания на холодоустойчивость при эксплуатации* проводят для проверки параметров изделия в условиях воздействия и после воздействия минимально допусти­мой температуры окружающей среды. Последователь­ность выполнения операций в методике проведения испытаний на холодоустойчивость аналогична последо­вательности испытаний на теплоустойчивость.

*Испытания на теплоустойчивость и холодоустойчи­вость при транспортировании и хранении* проводят с целью проверки способности изделий выдерживать воздействие максимально допустимой температуры при транспортировании и хранении. Данное испытание обыч­но совмещают с испытанием на теплоустойчивость и хо­лодоустойчивость при эксплуатации.

С испытаниями на холодоустойчивость обычно совме­щают испытания на воздействие инея и росы. При этом изделия помещают в камеру холода и выдерживают в выключенном состоянии при заданной низкой темпе­ратуре в течение определенного времени, после чего их извлекают из камеры и помещают в нормальные клима­тические условия. Во включенном состоянии изделия выдерживают в течение заданного времени (около 3 ч) и периодически (каждые 30—60 мин) проверяют их па­раметры, которые должны соответствовать нормам, ого­воренным в НД.

## **3.8 Испытание на воздействие смен температур (цикличе­ское воздействие температур).**

 Важным видом темпера­турных испытаний являются испытания на циклическое воздействие температур, при которых изделие подвергается воздействиям 3—5 температурных циклов в опре­деленной последовательности. Испытание проводят для определения способности изделий выдерживать измене­ния температуры внешней среды и сохранять свои пара­метры после этого воздействия. Испытания на цикличе­ское воздействие проводят по следующей методике: установив в камере холода температуру, оговоренную в НД, помещают в нее испытуемые изделия и выдер­живают в течение установленного времени; после этого изделие быстро переносят в камеру тепла (время пере­носа не более 5 мин), температура в которой предвари­тельно была доведена до установленного значения; по истечении времени выдержки изделий в камере тепла цикл повторяется.

При всех рассмотренных испытаниях отсчет выдерж­ки в камерах производят с момента установления темпе­ратурного режима. Обеспечение одинакового воздействия температуры на несколько расположенных в камере из­делий достигается правильным их расположением. В ме­тодике НД указывают допустимые расстояния между изделиями и между изделиями и стенками камеры. Рас­полагать изделия на расстоянии менее 5 см от стенок камеры нельзя.

# 4.Климатические камеры для проведения испытаний.

## **4.1 Испытания на воздействие повышенной/пониженной температуры среды.**

Испытания на воздействие повышенной/пониженной температуры среды Испытания проводятся для проверки способности изделия выполнять свои функции в условиях повышенной/пониженной температуры в диапазоне от минус 70°С до +100°С, габариты полезного объема камеры – 770x1020x745 мм. Возможность измерять и регистрировать температуру в местах установки датчиков температуры на объекте испытания комплексом регистрации температуры. Оборудование для проведения данного испытания показано на рисунке 12.



Рис. 12 – Климатическая камера для проведения испытаний на воздействие повышенной/пониженной температуры среды

## **4.2 Испытания на воздействие повышенной/пониженной температуры среды и воздействие повышенной влажности.**

Для изделий стоечного исполнения испытательное оборудование показано на рисунке 13. Диапазон температур от минус 15°С до +60°С, диапазон относительной влажности 10 – 98 % при температуре до 50°С, габариты полезного объема камеры – 2800х3000х2500 мм. 2 Испытания на воздействие климатических факторов.



Рис. 13 – Климатическая камера для проведения испытаний на воздействие повышенной/пониженной температуры среды и повышенной влажности для изделий стоечного исполнения

## **4.3 Испытание на воздействие повышенной/пониженной температуры среды и пониженного атмосферного давления.**

Испытание на воздействие повышенной/пониженной температуры среды и пониженного атмосферного давления Испытание проводят для проверки способности изделия выполнять свои функции в условиях атмосферного пониженного давления. Давление от 760 мм.рт.ст. до 2 мм.рт.ст. при температурах от минус 60°С до 100°С с габаритами полезного объема 1330х1270х1100 мм. Оборудование для проведения данного испытания показано на рисунке 14.



Рис. 14 – Термобарокамера для проведения испытания на воздействие пониженной температуры и пониженного давления при авиатранспортировании

# 

# Выводы

Испытания на воздействие изменения температуры внешней среды являются одними из важнейших при проверке работоспособности прибора в различных экстремальных условиях. Существующие виды испытаний на постепенное изменение температуры, на резкое изменение температуры и на тепловой удар позволяют всесторонне описать работоспособность прибора в любых ситуациях, связанных с повышением или понижением температуры.

Испытания являются безвредными для человека с соблюдением мер предосторожности и позволяют изучить работоспособность прибора при резком изменении температуры в диапазоне -65°С до +200°С.

В настоящие время нужны комплексные климатические установки испытаний. Позволяющие испытывать изделие сразу на несколько климатических факторов одновременно. Это уменьшит общее время испытаний, увеличится достоверность испытаний, приблизит их к реальным условиям эксплуатации и хранения. Совместить климатические испытания с другими видами испытаниями. Разработки таких многофункциональных установок ведутся и будут в будущем.

# 

# Список использованных источников

1. Ткаченко В.В., Закс. Л.М. Система государственных испытаний продукции.М., Изд.Стандартов, 1984.
2. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.
3. Крылова. Г.Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии. Учебник для ВУЗов.-М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998.
4. Н.А. Митрейкин, Озерсский А.И. Надежность и испытания РРК, М., "Радио и связь", 1981.
5. Глудкин О.П. Методы и устройства испытания РЭС и ЭВС. – М.: Высш. школа., 2001 – 335 с 2001.
6. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование/ под ред. А.И.Коробова М.: Радио и связь, 2002 – 272 с. 2002
7. Малицкий В.Д., Бегларян В.Х., Дубицкий Л.Г. Испытание аппаратуры и средства измерений на воздействие внешних факторов. М.: Машиностроение, 2003 – 567 с 2003.
8. Национальная система сертификации Республики Беларусь. Мн.: Госстандарт, 2007.
9. Федоров В., Сергеев Н., Кондрашин А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств – Техносфера,– 504с. 2005.