

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Техническая диагностика РЭС»
для студентов направления подготовки 11.03.03
«Конструирование и технология электронных средств»,
профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных
средств» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК
ББК

Составители:

асс. А.С. Костюков
д-р техн. наук А.В. Башкиров

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Техническая диагностика РЭС» для студентов направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. С. Костюков, А. В. Башкиров. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 24 с.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2007 и содержатся в файле TDRES1.pdf

Табл. 11 Ил. 42 Библиограф.: 12

УДК
ББК

Рецензент - О. Ю. Макаров, д-р техн. наук, проф.
кафедры конструирования и производства
радиоаппаратуры ВГТУ

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИСПЫТАНИЕ РЭА НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕПЛА И ХОЛОДА

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Электронная аппаратура как объект проектирования, производства и эксплуатации состоит из элементов, компонентов и изделий различного структурного уровня. Функционирование РЭА основано на использовании электронных процессов, происходящих внутри структур составляющих ее частей. Воздействие повышенной и пониженной температуры на РЭА приводит к изменению электрофизических свойств материалов (электропроводности, диэлектрических свойств и т.д.), физико-механических свойств материалов (расширение, размягчение, деформация), вследствие чего происходит тепловая неустойчивость, нестабильность электрических параметров, тепловой пробой диэлектриков и *p-n* переходов полупроводниковых ИС, обрывы и короткие замыкания.

В связи с изложенным является целесообразным:

- 1) изучить влияние положительных и пониженных температур на изменение физико-механических свойств материалов, электрофизических свойств радиоэлементов;
- 2) ознакомиться с конструкциями камер предназначенных для испытания РЭА на воздействия положительных и пониженных температур;
- 3) уяснить методику проведения испытаний РЭА на воздействие положительных и отрицательных температур;
- 4) провести испытание РЭА на воздействие пониженной и повышенной температуры;
- 5) составить отчет о выполнении лабораторной работы с соответствующими выводами.

2 ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

2.1 Задание первое

Изучить влияние отрицательной и положительной темпера

тур на радиоматериалы и радиоэлементы и работоспособность РЭА в целом.

Для выполнения данного задания следует проработать теоретический материал в /1, с 87-101, 165-171, 2, с 152-162, 3, 188-192/.

Для обеспечения нормальной работы РЭА и важное значение имеет зависимость их тепловых характеристик.

Повышение температуры РЭА может происходить под воздействием внешних и внутренних факторов, причем это воздействие бывает непрерывным (стационарным), периодическим и аperiodическим.

Действие внешних факторов определяется климатическими условиями, расположением РЭА в месте установки (отсек самолета, на корабле, на автомобиле и т. д.) и расстоянием до внешних источников тепла.

Климатические условия характеризуются температурой окружающего воздуха и интенсивностью солнечной радиации.

Как показывает анализ климатических условий, температура воздуха может колебаться в очень широких пределах (от -70 до $+68^{\circ}\text{C}$), причем верхний температурный предел увеличивается за счет нагрева при воздействии солнечной радиации. Температура и скорость нагрева под действием солнечной радиации зависят от размеров и цвета поверхности радиоаппаратуры, теплопроводности и теплоемкости материала ее шасси, кожуха и других деталей конструкции.

Указанные факторы определяют предельную температуру нагрева, по достижении которой поверхность

аппаратуры начинает переизлучать принятое тепло. В зависимости от места установки аппаратуры на температуру и скорость нагрева может оказывать влияние скорость ветра.

Наличие тепловой инерции, обусловленной теплоемкостью Земли и атмосферы, приводит к тому, что хотя максимальная интенсивность солнечного излучения имеет место в 12 часов дня, суточная температура воздуха максимальна между 13 и 14 часами (по некоторым данным разница указанных температур может достигать $5\text{--}6^\circ\text{C}$). Отсюда следует, что одновременное воздействие на аппаратуру максимальной температуры воздуха и максимальной интенсивности солнечного излучения маловероятно.

Действие внутренних факторов главным образом зависит от схемы и конструкции РЭА.

Непрерывному тепловому воздействию подвергается РЭА, работающая в стационарных условиях (в помещении). Длительность установления стационарного режима РЭА определяется ее назначением и принятыми схемно-конструкторскими решениями; она колеблется от 0,5 до 2,5—3 ч.

Периодическому тепловому воздействию подвергается полевая, самолетная и другая специальная радиоаппаратура подвижного типа. Такой вид воздействия возникает при повторно-кратковременном включении РЭА, при резких изменениях условий эксплуатации (взлет и приземление самолета), а также при суточном изменении температуры.

Периодические изменения теплового воздействия приводят к многократным деформациям элементов: чем больше разность между наивысшей и наименьшей температурами, тем выше интенсивность воздействия. Воздействие периодических изменений температуры оказывается тем интенсивнее, чем больше скорость и частота изменения. Для наземной, полевой аппаратуры, находящейся в

дежурном режиме, перепады температуры в блоках за время ее прогрева достигают 60°C . Время прогрева зависит от назначения, схемного решения и конструкции РЭА. Оно колеблется от 10 мин до 3 ч.

При эксплуатации авиационной аппаратуры перепады температуры могут достигать 80°C при скорости изменения температуры до 50°C в 1 мин.

Апериодическое тепловое воздействие имеет место в аппаратуре, устанавливаемой на ракетах (в моменты запуска и вхождения в плотные слои атмосферы), и в ряде других случаев. При этом в результате теплового удара чаще всего возникают внезапные отказы. Повышение температуры РЭА может вызывать как постепенные, так и внезапные отказы, вызванные превышением предельно допустимых значений температуры материалов и различных радиоэлементов.

Воздействие повышенной температуры приводит к изменению физико-химических и механических свойств материалов и элементов, что вызывает изменение электрических и механических параметров РЭА. Известно, что большое место в конструкциях раз личных устройств РЭА и элементов занимают электроизоляционные материалы. В зависимости от физической структуры они бывают кристаллическими и аморфными. При воздействии тепла на аморфные вещества переход их из твердого состояния в жидкое происходит постепенно в диапазоне температур, а не скачком, как у кристаллических веществ.

Изменение температуры электроизоляционных материалов приводит к изменению следующих основных электрических характеристик: диэлектрической проницаемости, удельного объемного и поверхностного сопротивлений, угла диэлектрических потерь и электрической прочности. Одновременно изменяются и их механические свойства.

Зависимость электропроводимости твердых диэлектриков от температуры может быть выражена следующей формулой:

$$\gamma = -\gamma_0 \cdot e^{\frac{B}{T}} [\text{Ом} \cdot \text{см}]^{-1}, \quad (1.1.1)$$

где γ_0 — удельная объемная электропроводимость при нормальной температуре;

B — постоянные величины, характерные для данного диэлектрика;

T — абсолютная температура.

Соответственно величина удельного сопротивления определяется по формуле:

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{\frac{B}{T}} [\text{Ом} \cdot \text{см}]. \quad (1.1.2)$$

Зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь от температуры имеет сложный характер и определяется состоянием вещества, наличием или отсутствием в диэлектрике дипольной поляризации, а также частотой приложенного переменного электрического поля. На рис. 1.1 приведена зависимость $\varepsilon=f(T)$ и $\text{tg}\delta=f(T)$ для дипольных жидких диэлектриков.

Если потери в диэлектрике определяются только током проводимости, то зависимость $\text{tg}\delta$ от температуры определяется по формуле

$$\text{tg}\delta = \frac{1.8 \cdot 10^{12}}{\varepsilon f} \gamma e^{\frac{A}{T}}. \quad (1.1.3)$$

где f — частота, Гц; γ_0 — удельная объемная проводимость $[\text{Ом} \cdot \text{см}]^{-1}$

при нормальной температуре; A — постоянная величина, характерная для данного диэлектрика; ε — диэлектрическая проницаемость.

Электрическая прочность характеризуется величиной пробивного напряжения, приложенного к диэлектрику.

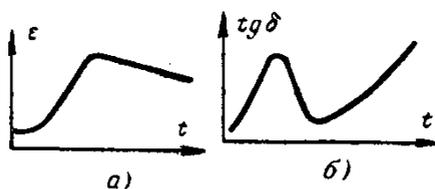


Рис. 1.1. Зависимость $\epsilon=f(t)$ и $\text{tg}\delta = f(t)$ для диэлектриков.

Пробой, возникающий в результате нарушения теплового равновесия, принято называть тепловым пробоем. Величина пробивного напряжения в зависимости от температуры изменяется по экспоненциальному закону

$$U_{np} = K \cdot d \cdot e^{-\frac{at}{2}}, \quad (1.1.4)$$

где K — постоянная величина, характеризующая свойство данного диэлектрика при определенной частоте подводимого напряжения; a — температурный коэффициент электрической проводимости; d — толщина диэлектрика.

Однако, хотя приведенная формула хорошо подтверждается экспериментально, она не позволяет произвести практические расчеты из-за невозможности количественного определения постоянной величины K .

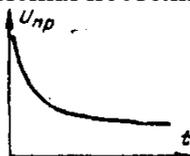


Рис. 1.2. Зависимость пробивного напряжения (U_{np}) твердого диэлектрика от температуры.

Под действием низких температур изменяются свойства всех диэлектриков. Пластмассы становятся менее ударопрочными.

Наиболее низкая отрицательная температура, при которой диэлектрик работает без заметного ухудшения

механической прочностью и еще сохраняет эластичность, характеризует его морозостойкость. У большинства диэлектриков с понижением температуры ряд электрических свойств улучшается. Поэтому основными критериями определения морозостойкости являются изменения механических параметров материалов. Морозостойкость некоторых изоляционных пленок определяют по появлению трещин при их изгибании. Воздействие низкой температуры приводит к сильному снижению прочности на удар сложных и волокнистых фенопластиков, а также пластмасс на основе эфиров целлюлозы. Однако одновременно имеет место увеличение на 10-30% прочности на разрыв, статический изгиб и сжатие, а также увеличение твердости почти всех пластмасс. Так, например, прочность оргстекла на разрыв возрастает примерно в 2 раза.

Морозостойкость пластиков на основе полихлорвинила и сополимеров хлорвинила с винилацетатом находится в пределах $-15\div-50^{\circ}\text{C}$, полиэтилена -80°C . Изделия из искусственной резины и изделия из каучуковых материалов при отрицательных температурах становятся хрупкими и неэластичными, на них образуются трещины. Воскообразные материалы и компаунды на их основе твердеют и растрескиваются. Наиболее вероятны разрушения в местах сопряжения материалов с различными коэффициентами теплового линейного расширения (пластмассы-металлы, металлы-стекла и т. д.). Наличие различных значений коэффициентов линейного расширения у заливочных компаундов, кожухов и заливаемых конструкций приводит к растрескиванию, обрыву выводов, образованию раковин и т. д. В механизмах наличие различных коэффициентов линейного расширения у разных металлов и замерзание смазки механических элементов может приводить к изменению зазоров между деталями, к заеданию и заклиниванию.

Неодинаковость коэффициентов объемного теплового расширения разных материалов может приводить к плохой работе разъемов из-за неодинаковых тепловых деформаций металла и пластмассовых частей.

Испытания на воздействие повышенной температуры проводят с целью определения способности РЭА сохранять свои параметры и внешний вид в пределах норм ТУ в процессе и после воздействия верхнего значения температуры.

Различают два метода испытаний РЭА на воздействие по повышенной температуры: испытание под термической нагрузкой, испытание под совмещенной термической и электрической нагрузками.

Первому методу испытаний подвергаются нетеплорассеивающие изделия, температура которых в процессе эксплуатации зависит только от температуры окружающей среды, второму — теплорассеивающая РЭА, которая в рабочем состоянии нагревается за счет выделяемой мощности под действием электрической нагрузки.

Изделия, отобранные для испытаний, должны удовлетворять требованиям ТУ по внешнему виду и по значениям контролируемых параметров.

При испытании под совмещенной нагрузкой изделия, помещают в камеру и испытывают под нормальной или максимально допустимой для данных изделий электрической нагрузкой, соответствующей верхнему значению температуры внешней среды, устанавливаемой в зависимости от степени жесткости испытаний табл. 1.1.

В отечественной практике время испытания на повышенные температуры определяется временем, необходимым для достижения испытываемым изделием теплового равновесия. В зарубежной практике степень жесткости определяется не только температурой испытаний, но и временем выдержки при этой температуре и выбирается из ряда 2,16,72,96ч.

Степени жесткости испытаний на повышенные температуры
— Таблица 1.1

Степень жесткости	1	4	6	7	8	9	10	11	12	13
Температура, °С	40	50	70	85	100	125	155	200	250	315

Возможны два способа проведения испытаний теплорассеивающих изделий. При первом способе достижение заданного температурного режима изделий определяют контролем температуры воздуха в камере, которая устанавливается равной верхнему значению температуры окружающей среды при эксплуатации (указанной в ТУ). При втором способе достижение заданного температурного режима изделий определяют контролем температуры участка (узла) изделия, который имеет наибольшую температуру или является наиболее критичным для работоспособности изделия.

Испытание первым способом возможно, когда объем камеры достаточно велик. Чтобы имитировать условия свободного обмена воздуха, в камере отсутствует принудительная циркуляция воздуха или ее охлаждающим действием можно пренебречь. Проведение испытания по первому способу возможно также в случае, когда температура перегрева участка (узла) изделия, определенная в нормальных климатических условиях (вне камеры), не превышает 25°С и разность заданной температуры воздуха в камере при испытании и температуры нормальных климатических условий не превышает 35°С. В остальных случаях испытание теплорассеивающих изделий следует проводить вторым способом. При испытании изделий только под термической нагрузкой их выдерживают при данной температуре в течение заданного времени.

Измерение параметров испытываемых изделий производят после достижения теплового равновесия без извлечения изделий из камеры. Для проведения, измерения изделия подключают к наружным коммутационным цепям измерительной системы. Если измерение параметров без извлечения из камеры технически невозможно, то допускается изъятие изделия из камеры для измерения. Однако время измерения не должно превышать 3 мин, если другое значение времени специально не оговорено в ТУ.

Для испытаний на повышенные температуры применяют специальные камеры, тепла, которые должны обеспечивать в случае необходимости подачу электрической нагрузки и измерение параметров — критериев годности ЭА в процессе испытаний. Размещение датчиков контроля температуры при испытании теплорассеивающей ЭА должно быть таким, чтобы учитывалась возможность влияния составляющих ее изделий друг на друга. Тогда при установлении температурного режима выходные измерительные приборы будут показывать истинную температуру контролируемых изделий. Поскольку испытание на теплоустойчивость без принудительной циркуляции воздуха является предпочтительным, то для имитации условий свободного обмена воздуха камера должна быть достаточно велика по сравнению с размером испытываемого изделия и его суммарным теплорассеиванием.

Для воспроизводимости результатов испытаний внутренние

стенки камеры должны быть выполнены из материала, имеющего степень черноты не менее 0,8. Чтобы ограничить влияние излучения, температура стенок камеры не должна отличаться от заданной температуры испытания более чем на 3%. Это требование относится ко всем частям стенок камеры, причем образцы не должны испытывать прямого воздействия любого нагревательного или охлаждающего элемента, не

отвечающего этому требованию. Точность поддержания температуры в полезном объеме камеры должна быть не ниже 3°C для температур до 200°C и 7°C для температур свыше 200°C . Камера также должна обеспечивать при испытаниях изделий абсолютную влажность не более 20 г водяных паров в 1 м^3 воздуха (это приблизительно соответствует относительной влажности 50% при температуре 35°C).

Минимально допустимое расстояние между испытываемым изделием и стенкой камеры определяют исходя из объема изделия и рассеиваемой им мощности. Однако в любом случае это расстояние должно быть не менее 100 мм. Применяемые для крепления малогабаритных изделий материалы должны обладать высокой теплостойкостью и низкой теплопроводностью.

Для испытания ЭА на воздействие повышенной температуры используют серийно выпускаемые отечественной промышленностью камеры тепла типа КТ с полезным объемом от 0,55 до 1 м^3 и диапазоном температур $20\text{—}300^{\circ}\text{C}$. Получение повышенных температур в этих камерах осуществляется электрическими нагревателями, мощность которых определяется не столько

высокими температурами, сколько наибольшей скоростью изменения температуры с учетом теплоемкости испытуемых изделий. Получение необходимой температуры в камере достигается с помощью включения или отключения электронагревателя. Обычно камеры тепла имеют блочную конструкцию. Это позволяет расширить возможности испытательных камер.

Для измерения и автоматического регулирования температуры в камерах применяют электронные мосты и автоматические электронные потенциометры, работающие в комплекте с датчиками температуры.

В качестве датчиков температуры применяют термоэлектрические преобразователи и термопреобразователи сопротивления.

Термоэлектрические преобразователи работают в диапазоне температур $-50...+1800^{\circ}\text{C}$ и выпускаются в разных исполнениях, в зависимости от инерционности, устойчивости к механическим Воздействиям, герметичности и т. д. Для измерения малых температур (до 600°C) применяют термопреобразователи типа ТХК (хромель-копелевый), которые развивают наибольшую термо-ЭДС и обладают высокой чувствительностью.

Термопреобразователи сопротивления выпускаются трех видов: платиновые (ТОП), медные (ТСМ) и полупроводниковые (ПТС).

В последнее время получают распространение цифровые приборы для измерения температуры в диапазоне $-200...+750^{\circ}\text{C}$ с приведенной погрешностью $0,4\%$ и быстродействием до 1 измерения/с.

Испытание на воздействие пониженных температур проводят с целью проверки параметров изделий в условиях воздействия низкой температуры внешней среды, а также после пребывания их в этих условиях. Изделия помещают в камеру холода, после чего устанавливают нижнее значение температуры по ТУ (табл. 1.2). Материалы, применяемые для крепления малогабаритных изделий, должны обладать высокой теплопроводимостью.

Степени жесткости испытаний на холодоустойчивость —

Таблица 1.2

Степень жесткости	III	IV	VII	VIII
Температура, $^{\circ}\text{C}$	-10	-25	-45	-60

Время выдержки при заданной температуре выбирают в зависимости от установленной жесткости испытаний из временного ряда значений, приведенных в ТУ. Производятся измерения тех же параметров, что и при испытании. На воздействие повышенных температур.

Для проверки работоспособности изделия предусматривается выдержка изделий под электрической нагрузкой при заданной температуре.

Испытания проводят в камерах холода. Температура стенок

камеры после достижения температурной стабильности не должна отличаться от температуры испытания более чем на 8%.

Целью испытаний на холодоустойчивость является определение способности изделий сохранять свои параметры в условиях воздействия низкой температуры.

Помимо испытаний на воздействие рабочей температуры, при которой изделие должно работать, иногда проводят испытания на воздействие предельной температуры. Данный вид испытаний имеет целью проверить, выдержит ли изделие температуру, при которой оно может транспортироваться или храниться.

Процесс (метод) проведения испытаний. Последовательность выполнения операций в методике проведения испытаний на холодоустойчивость мало чем отличается от последовательности испытаний на теплоустойчивость.

После внешнего осмотра изделие помещают в камеру и изменяют заданные параметры в нормальных условиях. Далее устанавливают в камере температуру, предусмотренную ТУ, программой испытаний или методикой и соответствующую определенной степени жесткости испытания.

При установившемся значении рабочей температуры изделие выдерживают в камере в течение времени,

оговоренном в ТУ, ПИ или методике. Время выдержки должно быть достаточным для охлаждения изделия по всему объему и составляет от 0,5 до 6 ч. По окончании выдержки производят измерения параметров изделий, находящихся в камере. Особое внимание следует обращать на параметры, характеризующие работу механизмов. Когда измерение параметров не может быть произведено внутри камеры, допускается изъятие изделий из камеры. Время изъятия для РЭА не должно превышать 15 мин, а для элементов 3 мин.

Испытаниям на воздействие предельных температур подвергают изделия в выключенном состоянии без удаления предусмотренной для них упаковки. Понизив температуру до предельного значения, осуществляют выдержку в течение определенного времени. Предельная температура и время выдержки предусматриваются ТУ, ПИ или методикой исследования. По окончании испытания изделия или оставляют в камере, где повышают температуру до $+25\pm 10^{\circ}\text{C}$ со скоростью 1-2 град/мин, или переносят из камеры в нормальные климатические условия. Затем изделие выдерживают в выключенном состоянии в течение времени, указанном в ТУ, ПИ или методике, но не менее 2-4 ч, а в нормальных климатических условиях до 4-8 ч. В зависимости от степени соответствия изделия требованиям принимают решение о результатах испытаний.

Иногда с испытанием на холодоустойчивость совмещают испытания на воздействие инея и росы. Изделия помещают в камеру холода и выдерживают в выключенном (не рабочем) состоянии при установленной низкой температуре (например $-20\div +5^{\circ}\text{C}$) в течение заданного времени (2 ч), после чего его извлекают из камеры и помещают в нормальные климатические условия. В соответствии с требованиями ТУ, ПИ или методики к изделию подводится питающее напряжение или подключается соответствующая электрическая нагрузка. Во включенном

состоянии изделие выдерживается в течение заданного времени (около 3 ч) и у него периодически (каждые 30-60 мин) проверяют установленные параметры, которые должны соответствовать нормам.

Важным видом температурных испытаний являются испытания на циклическое воздействие температуры, при которых изделие подвергается 3-5 воздействиям температурных циклов в определенной последовательности. Принято быстрые изменения температуры называть термоударами.

2.2. Задание второе

Изучить основные характеристики камеры предназначенной для испытаний изделий и материалов на воздействие отрицательной и положительной температур по ГОСТ 20.57.406-81.

Камера тепла и холода обеспечивает поддержание температуры от -65°C до 155°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$). средняя скорость изменения температуры не менее $0,5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, электрическая мощность, потребляемая камерой не более 9,8 кВА. Максимальный вес испытываемого изделия 50кг.

Получение и поддержание температурного режима в испытательной камере обеспечивается с помощью холодильного агрегата и устройства нагревательного. Заданный температурный режим осуществляется за счет динамического равновесия между количеством тепла, выделяемого нагревателем, и количеством тепла, отводимым из камеры испарителя за счет работы камеры.

Камера представляет собой прямоугольной формы конструкцию рис.1.3 Рабочий объем (место расположения испытываемого объекта) камеры ограничивается тонколистовой сталью с теплоизолятором. В нижней части установки расположен холодильный агрегат.

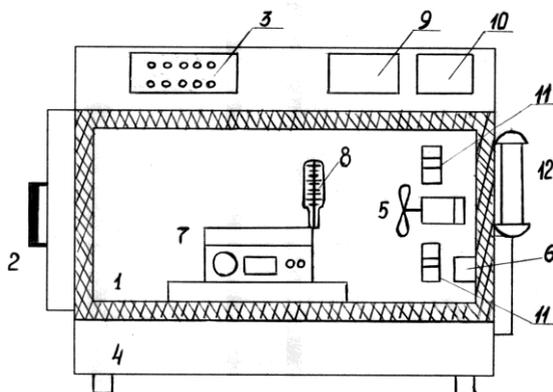


Рис.1.3 Камера тепла и холода

- 1.Рабочий объем. 2. Дверь. 3. Панель управления. 4. Холодильный агрегат. 5. Вентилятор. 6. Испарители. 7. Испытываемый объект. 8. Термометр. 9. Самописец. 10. Выключатель автоматический. 11. Устройство нагревательное. 12. Конденсатор.

На задней стенке испытательной камеры установлены испарители(6). Трубопроводами испарители соединены с холодильным агрегатом (4), в нем происходит кипение хладона-13. Устройство нагревательное (11) установлено на задней стенке испытательной камеры над испарителем и служит для поддержания заданного температурного режима в полезном объеме испытательной камеры. Нагревательное устройство состоит из нагревательного элемента (открытая спираль из нихромовой проволоки), закрепленного с помощью керамического изолятора на внутренней стенке камеры.

Для обеспечения циркуляции воздуха через испарители (холодильника) и нагреватели применен осевой вентилятор (5). Агрегат холодильный представляет собой холодильную машину, состоящую из компрессора, воздушного конденсатора, ресивера и испарителя. Поддержание низких

температур осуществляется отводом тепла за счет испарения хладоносителя в испарителе (6) с последующей конденсацией паров в конденсаторе (12).

Управление тепловым процессом осуществляется системой автоматики. В случае превышения предельно допустимой температуры режима, общий пускатель камеры отключается, срабатывают световая и звуковая аварийные сигнализации.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

1. Установить общий выключатель камеры в положение ОТКЛ (отключено).

2. Задать требуемую температуру в камере программным переключателем на передней панели блока терморегулирования. При этом установить тумблер блока ВКЛ – ОТКЛ в положение ОТКЛ.

3. Установить при положительной требуемой температуре ручку переключателя скорости изменения температуры на передней панели блока управления в положение, соответствующее требуемой скорости.

4. Установить указатель задачи МНОГО (красного цвета) электронного моста РІ на 5°С выше требуемой в камере положительной температуры. Установит тумблер включения сети в положение ВКЛЮЧЕНО.

5. Установить кнопочный переключатель АВАРИЯ на передней панели блока управления в положение ВКЛЮЧЕНО (нажать)

6. Поместить испытуемые изделия в рабочий объем камеры.

7. Закрыть дверь камеры.

8. Включить общий выключатель камеры, при этом на панели должна включиться световая сигнализация лампа СЕТЬ (зеленого цвета).

9. Установить сетевой тумблер блока терморегулирования в положение ВКЛЮЧЕНО.

10. Нажать кнопку ПУСК на передней панели блока управления, при этом должна загореться лампа ПУСК.

11. Произвести включение компрессоров холодильного агрегата в зависимости от требуемого режима согласно табл. 1.3.

Режим работы компрессоров — Таблица 1.3

Диапазон °С	-65 - +10	+10 - +35	+35 - +50	+50 - 155
Получение режима				
Поддержание без нагрузки				
Поддержание с нагрузкой 0,4 кВт				

12. Задать в камере температуру ($+15 \pm 5^\circ\text{C}$) после окончания испытаний в заданном режиме.

13. Отключить камеру нажатием кнопки СТОП на передней панели блока управления, выключить общий выключатель камеры сетевой тумблер блока терморегулирования.

14. Открыть дверь камеры и выгрузить испытуемое изделие.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ

Источником взрывоопасности является холодильный аппарат при стоянке или эксплуатации его при температуре окружающей среды выше допустимой, а также при работе холодильного агрегата на хладагонах выше допустимого.

Источником опасности термических ожогов являются внутренние поверхности испытательной камеры, испытываемые изделия после окончания испытаний, а также жидкий хладон в случае его утечки.

3. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

Получаем у преподавателя испытываемое изделие. Выполняем в соответствии с пунктом «Порядок работы» все операции по управлению камерой тепла и холода.

Испытательные параметры (температура положительная, температура отрицательная, скорость подъема температуры...) уточняются перед подготовкой испытываемого изделия для загрузки в камеру тепла и холода.

При проведении испытаний осуществляем регистрацию электрических параметров испытываемого образца.

4. ОТЧЕТ ПО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Отчет по индивидуальной работе должен содержать:

- а) наименование работы и ее цель;
- б) краткие сведения из теории;
- в) результаты выполнения заданий;
- г) выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как влияет положительная и отрицательная температура на диэлектрические характеристики радиоматериала?
2. Перечислите основные параметры изучаемой камеры тепла и холода.
3. Как влияет повышенные и пониженные температуры на работу диодов, резисторов и транзисторов?
4. Чем отличается последовательность выполнения операций в методике проведения испытаний на холодоустойчивость от последовательности испытаний на теплоустойчивость?
5. Возможно ли совмещение испытаний на холодоустойчивость с испытаниями на воздействие росы и инея?
6. Назовите способы получения низких температур.
7. Что такое косвенный способ охлаждения?
8. Перечислите наиболее распространенные виды хладагентов.
9. Представьте структуру камеры с непосредственным охлаждением. Ее достоинства и недостатки.
10. Приведите способы регистрации изменений температуры испытуемого образца.
11. Перечислите основные операции управления камерой «тепла и холода» при испытании РЭА на воздействие положительных и отрицательных температур.
12. Перечислите основные меры предосторожности при проведении испытаний РЭА на воздействие положительных и отрицательных температур.
13. Каким образом достигается поддержание низких температур в испытательной установке?

14. Приведите структурную схему изучаемой камеры тепла и холода.

15. Для каких целей используется вентилятор в испытательной камере тепла и холода?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малинский В.Д. Контроль и испытание радиоаппаратуры. - М.: Энергия. 1970. - 336с.
2. Глудкин О.П., Черняев В.Н. Технология испытания микроэлементов радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем: Учеб. Пособие. - М.: Энергия, 1980.- 360с.
3. Испытание радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование /Под ред. А.И.Коробова: Учеб. Пособие. - М.: Радио и связь, 1987. - 272с.
4. Грудкин О.П. Методы и устройства испытаний РЭС и ЭВС: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. –336 с.
5. Резиновский А.Л. Испытание на надежность радиоэлектронных комплексов. – М.: Радиосвязь, 1985. – 165 с.
6. Ефремов Г.С. БД Забегалов. Испытание РЭА на надежность. Планирование и оценка показателей. - Горький, 1974,- 44с.
7. Бродский М.А. Аудио-и видеоманитофоны.-Мн., 1995,-476с.
8. Игнатович В.Г., Митюхин А.И. Регулировка и ремонт бы товой радиоэлектронной аппаратуры. -Мн., 1993,-367с.
9. Надежность технических систем: Справочник/ Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
10. Надежность автоматизированных систем управления: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Я.А. Хетагурова. – М.: Высшая школа, 1979. – 287 с.
11. Кейзман В. Б. Оценка и обеспечение надежности радиоэлектронной аппаратуры: Учеб.пособие. – Воронеж: ВПИ, 1987 – 82 с.
12. Основы расчетов по статической радиотехнике. А.М. Заездный. – М.: Связь, 1969. – 447 с.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА РЭС

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Техническая диагностика РЭС»
для студентов направления подготовки 11.03.03
«Конструирование и технология электронных средств»,
(профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных
средств») всех форм обучения

Составители:

Костюков Александр Сергеевич
Башкиров Алексей Викторович

Компьютерный набор А.С. Костюков

Подписано к изданию

Уч.-изд. л.

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