

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. 22 с.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2007 и содержатся в файле TDRES2.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 №2

ИПЫТАНИЕ РЭА НА УДАР

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Среди множества внешних факторов, воздействующих на РЭА, следует отметить механические воздействия, из которых особую опасность представляет удар.

Установлено, что наибольшая опасность повреждения возникает при наименьшей длительности нарастания импульса. Опасность повреждения вследствие удара обычно меньше для системы с затухающими колебаниями, чем для систем с незатухающими колебаниями, особенно для системы с большим числом степеней свободы. Возможными причинами ударных воздействий на изделия могут быть столкновения, взрывы, сверхзвуковое давление, случайные падения и т.д. Указанные воздействия могут возникать при эксплуатации РЭА на самолетах, кораблях, ракетах, автомобилях, вездеходах, а также при их транспортировании, когда они подвергаются неосторожному обращению обслуживающего персонала.

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен:

- 1) изучить влияние удара на радиоэлектронную аппаратуру;
- 2) рассмотреть механизм воздействия ударной нагрузки;
- 3) ознакомиться с существующими видами ударных стендов;
- 4) уяснить методику проведения испытания на ударном стенде;
- 5) провести испытания на действующем пакете;
- 6) составить отчет о выполненной работе.

Информацию о испытаниях РЭА на воздействие удара можно использовать при курсовом и дипломном проектировании.

При выполнении лабораторной работы следует обратить особое внимание на выполнение техники безопасности.

2. Задание к лабораторной работе и методические указания по их выполнению.

2.1. Задание первое.

Изучить влияние ударных нагрузок на РЭА.

Для выполнения этого задания необходимо проработать теоретический материал в /1. с.235-237. 2.с.52-60. 3.с.131-142, 4./

Возникновение ударов связано с резким и быстрым перемещением объекта, на котором установлена аппаратура. Возможны случаи, когда прикладываемая при этом нагрузка превышает допустимый безопасный уровень, что приводит к отказу РЭА. Действие механических ударов сопровождается возбуждением затухающих колебаний, т.е. неустановившейся вибрацией на частотах собственных колебаний элементов и частей конструкции. Уровни разрушающих усилий возрастают, когда элементы конструкции РЭА резонируют на частотах возмущений, вызванных ударом.

Удар, испытываемый РЭА, зависит от веса комплекса оборудования, в который она входит, и ее положения на объекте. Ускорения, возникающие при ударе, можно подсчитать по формуле (2.1.1):

$$a = \frac{V^2}{2gS}, \quad (2.1.1)$$

где V – мгновенная скорость в момент удара, см/ок;

g — ускорение свободного падения;

S – перемещение при ударе или суммарная величина упругих и остаточных деформаций ударяющихся элементов.

В механике удар твердого тела рассматривается абсолютно как некоторый скачкообразный процесс, продолжительность которого бесконечно мала. Во время удара в точке соприкосновения соударяющихся тел возникают большие, но мгновенно действующие силы, приводящие к конечному изменению количества движения. В реальных системах всегда действуют конечные силы в течение конечного интервала времени, и соударение двух движущихся тел связано с их деформацией вблизи точки соприкосновения и распространением волны сжатия внутри этих тел. Продолжительность удара зависит от многих физических факторов: упругих характеристик материалов соударяющихся тел, их формы и размеров, относительной скорости сближения и т.д.

Изменение ускорения во времени принято называть импульсом ударного ускорения или ударным импульсом, а закон изменения ускорения во времени – формой ударного импульса. К основным параметрам ударного импульса относят пиковое ударное ускорение (перегрузку), длительность действия ударного ускорения и форму ударного импульса.

Результат воздействия удара на изделие (реакция изделия) зависит от его динамических свойств – массы, жесткости и частоты собственных колебаний. Под реакцией РЭА на воздействие ударного импульса понимают отклик изделия на это воздействие. Различают несколько основных видов реакции РЭА, соответствующих баллистическому (или квазиамортизационному), квазирезонансному и статистическому (или квазистатистическому) режимам возбуждения.

2.2. Задание второе.

Ознакомиться с характеристиками режимов испытаний /3.с.136-138/

Характеристики режимов испытания. Различают два вида испытания изделий на ударную нагрузку: на ударную прочность и ударную устойчивость. Испытание на ударную прочность проводят с целью проверки способности РЭА противостоять разрушающему действию механических ударов, сохраняя свои параметры после воздействия ударов в пределах, указанных в ТД на изделие. Испытание на ударную устойчивость проводят с целью проверки способности РЭА выполнить свои функции в условиях действия механических ударов.

При испытании на ударную нагрузку испытываемые РЭА подвергают воздействию либо одиночных, либо многократных ударов. В последнем случае частота следования ударов должна быть такой, чтобы можно было выполнить контроль проверяемых параметров РЭА. Основные характеристики режимов испытания РЭА при многократном воздействии ударов – пиковое ударное ускорение и общее число ударов – задаются в соответствии со степенью жесткости испытаний (табл.2.2.1).

Основные характеристики режимов испытания — Таблица 2.2.1

Степень жесткости	Пиковое ударное ускорение, g	Общее число ударов для предусмотренной в стандартах и ТУ на изделия выборки объемом	
		3 и менее	более 3
I	15	12 000	10 000
II	40	12 000	10 000
III	75	6 000	4 000
IV	150	6 000	4 000

Форма ударного импульса как одна из важнейших характеристик, обеспечивающих единство испытаний, должна регламентироваться в ТУ. Самым опасным для изделия является трапеце трапецеидальный импульс, поскольку он имеет наиболее широкую область квазирезонансного возбуждения и наибольший коэффициент динамичности в этой области. Однако импульс трапецеидальной формы трудно воспроизводится на лабораторном оборудовании. Пилообразный импульс позволяет достигнуть наилучшей воспроизводимости испытаний, так как в силу несимметричности его остаточный спектр является непериодическим. Но получить пилообразный импульс труднее, чем импульсы другой формы. На практике при испытании чаще всего используют полусинусоидальный ударный импульс, формирование которого наиболее просто и требует наименьших затрат энергии.

Испытание на ударную нагрузку проводят в квазирезонансном режиме возбуждения. Длительность действия ударного ускорения τ выбирают в зависимости от значения низшей резонансной частоты $f_{он}$ изделия:

Фон , Гц	60 и мене е	60...10 0	100...20 0	200...50 0	500...100 0	Свыш е 1000
τ , мс	18±5	11±4	6±2	3±1	2±0,5	1±0,3

Если изделия имеют амортизаторы, то при выборе длительности действия ударного ускорения учитывают низшие резонансные частоты самих изделий, а не элементов защиты.

В качестве проверяемых выбирают параметры, по изменению которых можно судить об ударной устойчивости РЭА в целом (искажение выходного сигнала, стабильность характеристик функционирования и т.д.).

При разработке программы испытаний направления воздействий ударов устанавливают в зависимости от конкретных свойств испытываемых РЭА. Если свойства РЭА неизвестны, то испытание следует проводить в трех взаимно перпендикулярных направлениях. При этом рекомендуется выбирать (из диапазона, оговоренного в ТУ) длительность ударов, вызывающих резонансное возбуждение испытываемых РЭА.

Ударную прочность оценивают по целостности конструкции (например, отсутствию трещин, наличию контакта). Изделия считают выдержавшими испытание на ударную прочность, если после испытания они удовлетворяют требованиям стандартов и ПИ для данного вида испытания.

Испытание на ударную устойчивость рекомендуется проводить после испытания на ударную прочность. Часто их совмещают. В отличие от испытания на ударную прочность испытание на ударную устойчивость осуществляют под электрической нагрузкой, характер и параметры которой устанавливают в ТУ и ПИ. При этом контроль параметров РЭА производят в процессе удара для проверки работоспособности изделий и выявления ложных срабатываний. Изделия считают выдержавшими испытание, если в процессе и после него они удовлетворяют требованиям, установленным в стандартах и ПИ для данного вида испытания.

2.3. Задание третье.

Изучить устройства для испытания РЭА на воздействие удара /1. с.263-268. 2. с.171-178. 3. с.138-143/

Устройства для испытания. Ударные стенды классифицируют по следующим признакам:

По характеру воспроизводимых ударов – стенды одиночных и многократных ударов;

По способу получения ударных перегрузок – стенды свободного падения и принудительного разгона платформы с испытываемым изделием;

По конструкции тормозных устройств – с жесткой наковальней, с пружинящейся наковальней, с амортизирующими резиновыми и фетровыми прокладками, со сминающимися деформируемыми тормозными устройствами, с гидравлическими тормозными устройствами и т.д.

В зависимости от конструкции ударного стенда и в особенности от применяемого в нем тормозного устройства получают ударные импульсы полусинусоидальной, треугольной и трапецеидальной формы.

Для испытания РЭА на одиночные удары служат ударные стенды копрового типа, а на многократные – стенды кулачкового типа, воспроизводящие удары полусинусоидальной формы. В этих стендах используется принцип свободного падения платформы с испытываемым изделием на амортизирующие прокладки.

Основными элементами ударного стенда копрового типа (рис.2.3.1.) являются: стол 3; основание 7, служащее для гашения скорости стола в момент удара; направляющая 4, обеспечивающая горизонтальное положение стола в момент удара; прокладки 5, формирующие ударный импульс.

Энергия, необходимая для создания удара, накапливается в результате подъема стола с закрепленным на нем испытываемым изделием на заданную высоту. Для подъема стола и последующего его сбрасывания стенд снабжается приводом и механизмом сброса. Кинетическая энергия, приобретенная телом в процессе предварительного разгона, гасится в результате соударения с неподвижной преградой. Длительность ударного воздействия складывается из длительности торможения ударяющего тела (активный этап удара) и длительности восстановления упругих деформаций соударяющихся тел (пассивный этап удара). Ускорение

определяется скоростью соударения и зависит от высоты падения. В конце торможения ударяющего тела скорость соударения падает до нуля, а ударное ускорение и перемещение тел относительно друг друга достигают максимальных значений. Условия воспроизведения закона изменения ударного ускорения во времени определяются начальной скоростью соударения тел, максимальным перемещением при соударении и максимальным ударным ускорением. Стенды копрового типа с жесткой наковальной используют для получения ударных импульсов с большим ударным ускорением и очень малой длительностью (единицы микросекунд).

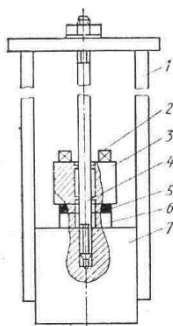


Рис. 2.3.1. Схема установки для испытания РЭА на воздействие одиночных ударов.

1 – стойка; 2 – изделие; 3 – стол; 4 – направляющая; 5 – амортизирующие прокладки; 6 – накладка; 7 – основание.

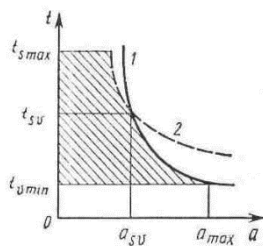


Рис. 2.3.2. Эксплуатационные зависимости длительности фронта ударного импульса от ударного ускорения при ограничении по скорости соударения (1) и по пути торможения (2).

Ограничивающими условиями при воспроизведении ударной нагрузки являются соблюдение требуемой скорости и заданного пути торможения, соответствующих максимальной деформации тормозного устройства. Предельные эксплуатационные характеристики ударного стенда можно получить, используя зависимости (2.3.1) и (2.3.2)

$$t_v = \frac{V_{np}}{Aa}; \quad (2.3.1)$$

$$t_s = \sqrt{Snp(Ba)}, \quad (2.3.2)$$

где t_v и t_s – длительности фронта воспроизводимого ударного импульса с учетом ограничения по предельным скорости и пути торможения ударяющего тела; V_{np} и S_{np} – предельная скорость и предельно допустимый тормозной путь ударяющего тела; A и B – коэффициенты, значения которых зависят от формы фронта ударного импульса; a – ударное ускорение.

Тогда ударное ускорение a_{sv} формула (2.3.3) и длительность t_{sv} формула (2.3.4) фронта воспроизводимого ударного импульса, удовлетворяющие одновременно ограничениям по скорости и пути торможения ударяющего тела,

$$a_{sv} = \frac{B}{A^2} \frac{V_{np}^2}{Snp}, \quad (2.3.3)$$

$$t_{sv} = \frac{A}{B} \frac{Snp}{V_{np}}. \quad (2.3.4)$$

На рис. 2.3.2. приведены эксплуатационные характеристики $t_v=f(a)$ и $t_s=f(a)$ ударного стенда. Заштрихованная область показывает, какие

длительности фронта ударного импульса и ударные ускорения можно воспроизводить на ударном стенде. Значения a_{max} , t_{ymin} , t_{smax} соответствуют предельным эксплуатационным характеристикам стенда и определяются по формулам (2.3.1.), (2.3.2.).

На рис. 2.3.3. показано устройство механического стенда кулачкового типа. Стол 1 представляет собой стальную плиту с пазом для крепления изделия, на нижней стороне которой имеются направляющие 4, перемещающиеся во втулках, укрепленных в кронштейнах станины. На специальных упорах чугунной станины расположены амортизирующие прокладки 5 для регулирования ударного ускорения, а в нижней части станины имеются резиновые амортизаторы 8, поглощающие часть энергии удара. Приводной механизм, состоящий из клиноременной передачи 2 и электродвигателя 7, установлен на площадке внутри станины. Натяжение ремня регулируют изменяя набор шайб, размещенных под электродвигателя. Подъем стола осуществляется с помощью кулачка 3, вращающегося от приводного механизма.

При испытании на воздействие многократных нагрузок ударные стенды должны обеспечивать получение заданного ускорения с погрешностью не более $\pm 20\%$. Ударная перегрузка, длительность и форма ударного импульса как в стендах копрового типа, так и в стендах кулачкового типа регулируются в широких пределах, как правило, с помощью амортизирующих войлочных, фетровых, резиновых, пластмассовых или комбинированных прокладок. Для формирования полусинусоидального импульса длительностью 0,5..5 мс применяют резину средней и повышенной твердости или фетр; для формирования импульса большей длительности – резины малой твердости или губчатые; для импульсов длительностью менее 0,5 мс может оказаться целесообразным использование винипласта, фторопласта и других листовых

материалов. В некоторых случаях применяют многослойные прокладки. При этом между резиновыми могут устанавливаться металлические прокладки их листового алюминия или стали толщиной 1...2 мм. Удары длительностью 0,1 и менее рекомендуется получать соударением стальных закаленных поверхностей – плоской и сферической. В этом случае стол выполняется в виде бойка.

Помимо рассмотренных механических ударных стендов применяют электродинамические и пневматические ударные стенды. В электродинамических стендах через катушку возбуждения подвижной системы пропускают импульс тока, амплитуда и длительность которого определяют параметры ударного импульса.

Так как принцип действия этих стендов основан на взаимодействии электромагнитных полей, то их конструкции имеют много общего с электродинамическими вибростендами. На пневматических стендах ударное ускорение получают при соударении стола со снарядом, выпущенным из пневматической пушки.

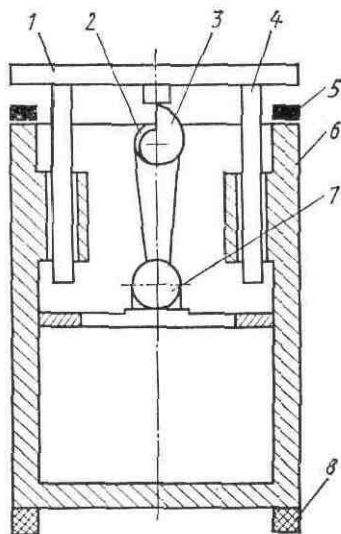


Рис.2.3.3. Схема стэнда для испытания РЭА на воздействие многократных ударов:

1- стол; 2 – клиноременная передача; 3 – кулачок; 4 – направляющие; 5 – амортизирующая прокладка; 6 – станина; 7 – электродвигатель; 8 – резиновые амортизаторы.

Приспособления для крепления изделий, испытываемых на удар, как и в случае вибрационных испытаний, должны передавать ударные воздействия к изделиям с минимально возможными искажениями. Для этого необходимо, чтобы режим возбуждения приспособления при испытании был квазистатическим, для чего должно выполняться условие $f_0 \tau \geq K$, где f_0 – собственная частота наиболее слабого звена, определяющего жесткость всего приспособления в целом; τ – наименьшая расчетная длительность импульса, K – коэффициент, зависящий от условий испытания, массы и габаритных размеров изделия, формы ударного импульса (для импульса полусинусоидальной формы принимают $K = 2..5$).

Собственные частоты приспособления и испытываемого изделия не должны совпадать друг с другом, а также с частотой основной гармоник наложенных колебаний ударного ускорения, вносимых испытательной установкой. Для трапецеидального и пилообразного импульсов принимают $f_{ор}$ более 10 и 2 соответственно.

Характеристики некоторых ударных стендов приведены в табл.2.3.1.

Характеристики некоторых ударных стендов — Таблица 2.3.1

Тип стенда	Грузо подъе мност ь, Н	Число ударов в минуту	Макс ималь ное ускор ение, g	Длитель ность, мс	Принцип работы
УУ-50/150	5 000	20...120	150	40	Механич еский
УУ-5/1000	50	5...80	1000	1,5...20	«
ТТ-50/500	500	10...120	500	0,6...20	«
К-5-1000	50		1000	0,5...10	Электрод инамичес кий
УУЭ-2/200	20	20...80	200	1,5...12	То же
УУЭ-20/200	200	5...80	500	1,5...40	«
УУЭ-1/6000	10	5	6000	0,1...1,0	«
К-5/3000	50		3000	0,4...11	Пневмати ческий
К-2/3000	20		3000	0,4...12	То же

Конструкцию приспособления обычно выбирают в виде плиты, сварного куба или рамы сотовой конструкции. Наиболее широкое распространение получила сотовая конструкция, обладающая высокими точностью и механической прочностью при небольшой массе. Для

повышения жесткости конструкции корпуса приспособления обычно применяют ребра жесткости, усиливающие планки.

При измерении параметров удара необходимо регистрировать ускорение (амплитуду), длительность и форму ударного импульса. Для характеристики испытательного режима в случае, когда амплитуда наложенных колебаний составляет более 5% амплитуды ударного импульса, регистрируют также относительную амплитуду и частоту наложенных колебаний и время нарастания ударного ускорения. Для измерения параметров ударного импульса применяют специальную аппаратуру (рис.2.3.4.).

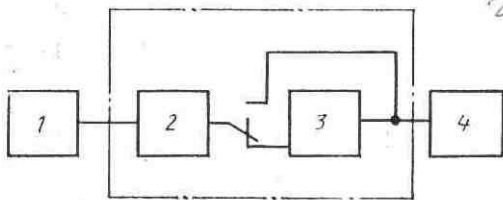


Рис. 2.3.4. Структурная схема аппаратуры для измерения параметров удара:

1 – измерительный преобразователь; 2 – согласующий усилитель; 3 – фильтр; 4 – регистрирующий прибор.

Для преобразования механических колебаний в электрические используют, как правило, пьезоэлектрический датчик 1. При измерении параметров удара датчик должен быть жестко закреплен в контрольной точке. Усилитель 2 служит для согласования большого выходного сопротивления датчика с малым входным сопротивлением регистрирующего прибора 4. Для снижения уровня шумов согласующего усилителя, исключения влияния резонанса датчика и уменьшения амплитуды суперпозиции колебаний, искажающих форму ударного импульса и затрудняющих измерения, в схему включен фильтр 3, имеющий максимально достижимую равномерность частотной характеристики в

полосе пропускания. На экране электронного осциллографа со ждущей разверткой и длительным послесвечением, применяемого в качестве регистрирующего прибора, непосредственно наблюдают форму ударного импульса и производят измерение его параметров.

2.4. Задание четвертое

Ознакомиться с конструкцией, характеристиками, условиями

Эксплуатации установки ударной 12МУ-50/14070-1.

Схема ударного стенда соответствует схеме изображенной на рисунке 2.3.3.

Основные технические данные и характеристики ударного стенда.

1. Установка предназначена для технологических испытаний изделий и приборов электронной техники массой до 50 кг., включая массу приспособления для крепления изделия, на воздействие ударной тряски с ускорение от 98 м/с^2 (10 g) до 1470 м/с^2 (150 g) и частоте от 10 до 100 ударов в минуту (+2 удара в минуту).

2. Установка может работать при температурах от 10 до 35°C , относительной влажности воздуха от 65 до 80%, атмосферном давлении от $8\cdot 6\cdot 10^4$ (650) до $10,6\cdot 10^4$ (800)Па (мм рт.ст).

3. Установка должна эксплуатироваться в помещении общей площадью $7,5\text{ м}^2$ в напольном или подвальном этаже здания. В том числе стенд ударный в помещении площадью 5 м^2 оборудованном:

- звукоизоляцией, снижающей уровень звукового давления до установленных норм;
- заземляющим контуром, сопротивление не более 4 Ом;
- бетонным фундаментом.

4. При эксплуатации стенд ударный должен быть установлен на фундамент.

5. Питание установки от сети переменного тока напряжением $220 \pm \frac{22}{11}$ В, частоты 50 Гц.

6. Потребляемая электрическая мощность (максимальная) не более 1кВт.

7. Установка обеспечивает получение сочетаний ускорений и длительности (КР) ударного импульса согласно табл.2.4.1.

Примечание: Знаком (КР) отмечены параметры, которые являются критериями работоспособности установки.

8. Установка обеспечивает плавную регулировку ускорения в соответствии с табл.2.4.1.

9. Установка обеспечивает ступенчатую регулировку длительности ударного импульса в соответствии с табл.2.4.1.

10. Установка с нагрузкой на столе массой до 50 кг обеспечивает частоту от 10 до 100 ударов в минуту. Погрешность установки частоты ударов не более ± 2 удара в минуту. Регулировка частоты ударов плавная.

11. Форма ударного импульса (КР) в контрольной точке (центре) полусинусоидальная и соответствует форме изображенной на рис.1. с допустимыми отклонениями ускорения и длительности ударного импульса в пределах, ограниченных сплошными линиями.

12. Значение ускорения в направлении, основному направлению перпендикулярном основному направлению ударного импульса, измеренное в контрольной точке стола, не превышает 30% от значения ускорения ударного импульса в основном направлении.

13. Значение ускорения в различных точках стола отличается от значения ускорения в контрольной точке не более чем на 15%.

14. Значение ускорения вторичного удара, измеренное в контрольной точке, не превышает 20% от значения ускорения основного удара (КР).

15. Установка обеспечивает длительность непрерывной работы в течение 8 часов, и не более 24 000 ударов.

16. Нарботка на отказ при доверительной вероятности $P^*=0,8$ не менее 1000 часов.

Сочетание ускорений и длительности ударного импульса —
Таблица 2.4.1

Нагрузка на стол массой, кг	Длительность ударного импульса, мс	Ускорение ударного импульса м/с^2 (g)	Ускорения, соответствующие рекомендациям МЭК, м/с^2 (g)	
			62-2-27	68-2-29
20...50	16	147 (15)	-	-
Без нагрузки	11	98 (10)...147 (15)	147 (15)	-
50	11	98 (10)...294 (30)	147(15); 294(30)	-
Без нагрузки	6	98(10)..390(40)	294(30)	245(25),390 (40)
50	6	98(10)...557(60)	294(30)	254(25),390(40)
Без нагрузки	3	98(10)...735(75)	490(50)	-
50				

3. Лабораторное задание и методические указания по его выполнению.

Закрепляем испытываемое изделие на ударном стенде под руководством инженера. Включаем сеть (рис.3.1.). Выставляем ручкой регулировки частоту ударов. По шкале «частота ударов» регистрируем число ударов. В случае отказа элементов крепления остановить испытания, нажав клавишу СТОП.

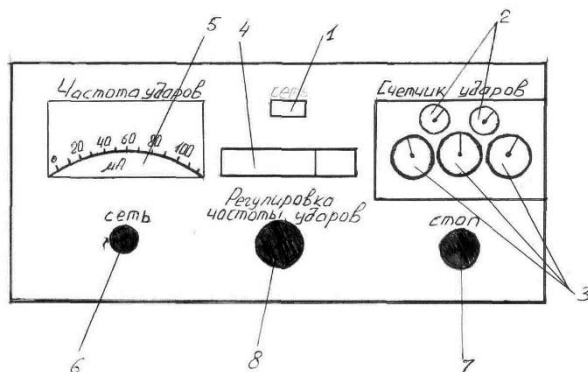


Рис.3.1. Пульт управления ударной установки.

1 – датчик «сеть»; 2 – ручка установки О; 3 – счетчик ударов:
а) тысячи-сотни ударов, б) сотни-единицы ударов, в) единицы ударов;
4 – датчик «Время наработки»; 5 – шкала «Частота ударов»; 6 – кнопка «сеть»; 7 – кнопка «стоп»; 8 – ручка регулировки частоты ударов.

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. Что такое механический удар?
2. В каком случае уровни разрушающих усилий возрастают при случайном ударе?
3. Что такое ударный импульс?
4. Приведите характеристики режимов испытаний РЭА на ударную нагрузку.
5. Влияет ли форма ударного импульса на величину разрыва изделия РЭА?
6. По каким видам классифицируются ударные стенды?
7. Приведите схему установки для испытания на воздействие одиночных импульсов.
8. Приведите эксплуатационную зависимость длительность фронта ударного импульса от ударного ускорения при ограничении по скорости.
9. Как определяются предельные эксплуатационные характеристики ударного стенда?
10. Приведите схему стенда для испытаний РЭА на воздействие многократных ударов.
11. Каковы требования к приспособлениям для крепления изделий, испытываемых на удар?
12. Приведите структурную схему аппаратуры для измерения параметров удара.
13. Приведите основные характеристики используемого ударного стенда.
14. Приведите порядок выполнения лабораторного задания.

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 бытовой 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