

Перевірка того, що значення температури плавлення Se і похибки вимірювання дійсно розподілені за нормальним законом, було здійснено за допомогою критерію  $\chi^2$  Пірсона [2].

Відповідно помилки першого та другого роду визначаються з рівнянь [1]:

$$\alpha = \int_{T_A}^{T_B} f(T) \left[ \int_{T_A-\Delta T}^{T_A} y(\Delta T) d\Delta T + \int_{T_B}^{T_B+\Delta T} y(\Delta T) d\Delta T \right] dT; \quad (4)$$

$$\beta = \int_{T_B}^{T_B+\Delta T} f(T) \left[ \int_{T_B-\Delta T}^{T_B} y(\Delta T) d\Delta T \right] dT + \int_{T_A-\Delta T}^{T_A} f(T) \left[ \int_{T_B-\Delta T}^{T_B} y(\Delta T) d\Delta T \right] dT, \quad (5)$$

де  $T_A, T_B$  – границі допуску температури плавлення Se.

Границі допуску температури плавлення Se задамо у межах  $1^\circ\text{C}$  відхилення від дійсного значення температури ( $T=42,75^\circ\text{C}$ ):  $T_A=41,75^\circ\text{C}$ ,  $T_B=43,75^\circ\text{C}$ . Підставляючи задані значення у рівняння (4) та (5) отримаємо значення  $\alpha=0,023$  та  $\beta=0,007$ . Згідно з виразом (1) інструментальна вірогідність контролю  $D_1=0,97$ .

### Висновки

В даній статті було розв'язано важливу науково-практичну проблему, яка полягає в створенні методів і засобів неруйнівного контролю структурних перетворень некристалічних напівпровідників, що дозволяють підвищити вірогідність контролю, проведено оцінювання вірогідності контролю при реалізації методу неруйнівного контролю структурних перетворень некристалічних напівпровідників на основі диференційно-термічного аналізу.

Науковою новизною роботи є підвищення вірогідності неруйнівного контролю структурних перетворень некристалічних напівпровідників на основі диференційно-термічного аналізу.

Практичною цінністю роботи є розроблений алгоритм неруйнівного контролю структурних перетворень некристалічних напівпровідників.

### Література

1. Володарський С.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 219с.
2. Дорожовець М. М. Опрацювання результатів вимірювання: навч. посіб. / М. М. Дорожовець. – Львів: Вид-во нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2007. – 624 с. – ISBN 978-966-553-640-6.

Надійшла до редакції  
7.5.2012 р.

УДК 621.01

**В.В. СТРЕЛЬБИЦКИЙ**

Хмельницький національний університет

## ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ КРЕПЛЕНИЯ БЛОКА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВИБРОНАПРЯЖЕННОСТЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В статье исследовано влияние затяжки крепежных болтов блока электронной аппаратуры на уровень колебаний печатных плат.

In the article influence of inhaling of timber screw-bolts of block of electronic apparatus is investigational on the level of vibrations of PCBs.

Ключевые слова: виброускорение, печатная плата, вибродатчик.

### Постановка проблемы

К объединительным платам радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в соответствии с её назначением крепится большое количество электронных элементов (микросхем, резисторов, конденсаторов) и других составляющих, которые интегрально образуют навесной монтаж.

В процессе эксплуатации изделий в результате влияния особенностей производства и условий монтажа, из-за действия динамических нагрузок объединительные платы деформируются. Их деформации могут передаваться на элементы навесного монтажа и в сочетании с другими факторами могут вызывать в последних нарушения функциональной работоспособности с последующим их отказом [1].

В конструкциях РЭА различают две группы отказов [1].

К первой группе можно отнести отказы, связанные со статическими деформациями объединительных плат. Они приводят к разрушению элементов конструкции вследствие превышения

допустимых напряжений.

Вторая группа отказов вызвана эффектами накопления повреждений вследствие износа и усталости материала составляющих элементов РЭА, вибрационных и ударных воздействий и т.д.

Механические воздействия вызывают от 30 до 50 % отказов изделий РЭА [2, 3], подавляющее большинство которых связаны с превышением допустимых значений ускорений, перемещений.

Следует отметить тот факт, что при чисто механических воздействиях динамические нагрузки передаются объединительным платам, главным образом, через точки крепления. В большинстве случаев таковыми являются места крепления блока к столу и платы к блоку при помощи винтовых (болтовых) соединений. Вследствие колебаний (вибрации) винты (болты) отвинчиваются, что приводит к ослаблению креплений.

Поэтому, повышение надежности работы радиоэлектронной аппаратуры невозможно без достоверного знания особенностей взаимодействия объединительных плат с элементами навесного монтажа и блока изделия в различных условиях эксплуатации.

**Анализ последних публикаций**

Результаты анализа научно-технической литературы показали, что в публикациях [1-6], относящихся к решению проблемы динамики и прочности печатных плат блоков РЭА, практически не рассмотрен вопрос влияния затяжки крепежных болтов блока РЭА на уровень колебаний печатных плат.

**Постановка задачи**

Для установления влияния затяжки крепежных болтов блока электронной аппаратуры на уровень колебаний печатных плат был проведен следующий эксперимент.

В качестве объекта испытаний были выбран серийно изготавливаемый блок РЭА с платой П1, которая является довольно податливой, поскольку характеризуется относительно небольшой массой, а также наиболее типичным расположением и набором радиоэлементов. Исследуемые платы были препарированы тензодатчиками Д1 по поверхности и вибродатчиком типа ИС 676 А-Ш, установленным в их центре (рис. 1). Блок-схема виброиспытаний и расположения объединительных плат в блоке РЭА приведена на рис. 2.

Методика испытаний состояла в следующем.

Блока РЭА 2 устанавливали на подвижной платформе вибростенда 1, обуславливая таким образом кинематическое возбуждение колебаний. Вследствие этого на платы блока РЭА передается вынуждающая сила, которая совпадает с осью минимальной жесткости платы.

Контроль за частотой возбуждения колебаний осуществлялся по шкале задающего генератора вибростенда ВЭДС-200А, а за уровнем виброперегрузок на подвижной платформе вибростенда – по милливольтметру 10, встроенному в пульт управления вибростендом и проградуированному в  $ms^{-2}$ .

Плавно изменяя частоту возбуждения в диапазоне от 10 до 5000 Гц, при поддержании постоянного уровня виброперегрузок, производили запись показаний вибродатчиков.

Возбуждение колебаний производилось с амплитудой ускорения подвижной платформы, равной  $50 ms^{-2}$ , которая характерна для условий работы авиационного блока РЭА.

Анализ полученных данных показал, что частота основного резонанса платы П1 составила 82 Гц.

В соответствии с постановкой эксперимента, а также согласно требованиям планирования эксперимента, испытания проводили в идентичных условиях, каждый опыт повторяли три раза, это обеспечивало возможность сравнения экспериментальных данных. Результаты усредняли.



Рис. 1. Обобщенная схема препарировки объединительных плат вибродатчиком и тензодатчиками

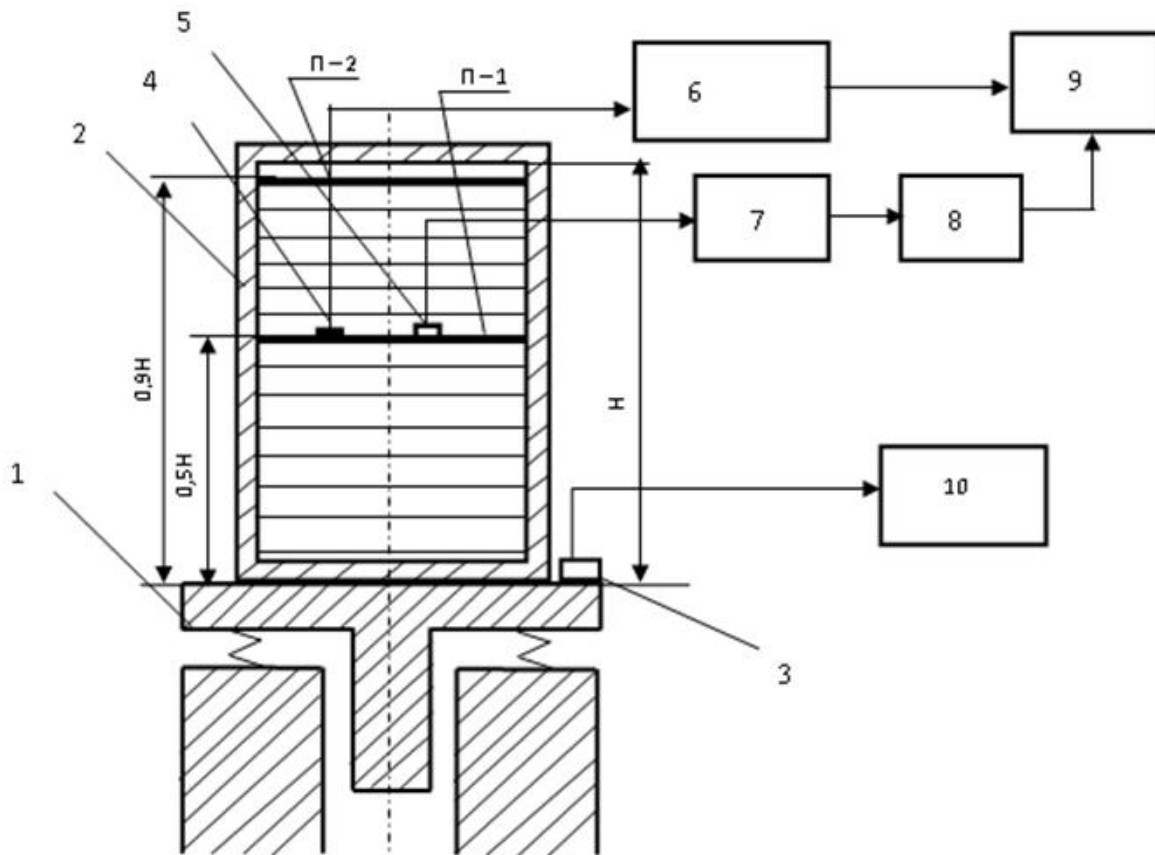


Рис. 2. Блок – схема вибронспытаний объединительных плат: 1 – подвижная платформа вибростенда; 2 – блок РЭА; 3 – вибродатчик; 4 – тензодатчик; 5 – вибродатчик; 6 – усилитель 8АНЧ – 21; 7 – согласующее устройство; 8 – усилитель “Амфитон”; 9 – осциллограф Н – 115; 10 – милливольтметр.

Далее, на частоте основного резонанса (82 Гц) ступенчато изменяли момент затяжки крепежных болтов, производя при этом запись показаний вибродатчиков. Результаты усредненных значений виброускорения плат П1 представлены на рис. 3.

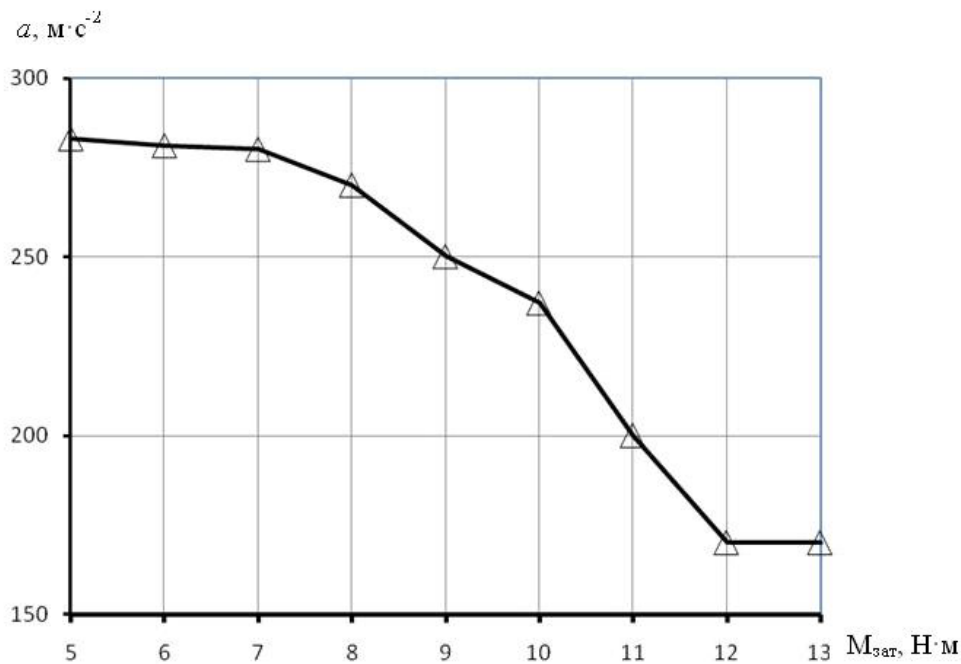


Рис. 3. Зависимость виброускорения  $a$  плат П1 установленных в блоках РЭА серийной конструкции от момента затяжки крепежных болтов  $M_{зат}$

Как показывает анализ рисунка 3, увеличение усилия затяжки болтов крепления блок РЭА к столу вибростенда приводит к снижению уровня колебаний плат.

### **Выводы**

Сравнение экспериментально полученных амплитудно-частотных характеристик виброускорения показывает, что с ростом затяжки болтов крепления серийно изготавливаемого блока РЭА к столу вибростенда, уровень возбуждения колебаний плат снижается. Зависимость носит нелинейный характер. При одинаковом уровне действующих на блок РЭА вынуждающих сил, уровень колебаний плат в корпусе с крепежными болтами затянутыми моментом 11-13 Н·м, в 1,5..2 раза превосходит таковой с моментом 5-7 Н·м.

### **Литература**

1. Ленков С.В. Обеспечение надежности РЭА / С.В. Ленков. – К.: ФАЛПУ, 1997. – 148 с.
2. Карпушин В.Б. Вибрации и удары в радиоаппаратуре / В.Б. Карпушин. – М.: Сов.радио, 1971. – 344 с.
3. Ильинский В.С. Защита РЭА и прецизионного оборудования от динамических воздействий / В.С. Ильинский. – М.: Радио и связь, 1982. – 296 с.
4. Кузнецов О.А. Прочность элементов микроэлектронной аппаратуры / Кузнецов О.А., Погалов А.И., Сергеев В.С.. – М.: Радио и связь, 1990. – 144 с..
5. Краткий справочник конструктора РЭА / Под ред. Р.Г. Варламова. – М.: Сов. радио, 1972. – 300 с.
6. Остроменский П.И. Вибрационные испытания радиоаппаратуры и приборов / П.И. Остроменский. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. – 173 с.

Надійшла до редакції  
6.5.2012 р.