



Рис. 5. Пример работы в модуле программы по расчету долговечности

Программа разработана при помощи современных средств программирования и отвечает всем требованиям пользователей. К ее преимуществам можно отнести наличие облачного сервиса, валидацию ввода, удобный и понятный интерфейс. Программное средство поддерживается как на новом, так и старом аппаратном обеспечении. Также нам удалось обеспечить высокую степень надежности и оптимизировать программу для снижения потребляемых ресурсов системы, исправлены некоторые ошибки предыдущей версии. Приложение совместимо с операционной системой Windows XP/Vista/7/8/8.1/10, с установленным Microsoft .NET Framework.

#### Литература

1. Шилдт Г. C# 4.0 полное руководство / Г. Шилдт. – Изд.: Вильямс, 2011. – 1056 с.
2. Острейковский В.А. Теория надежности / В.А. Острейковский. - М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
3. Грофф, Джеймс; Вайнберг, Пол SQL: полное руководство; Киев: BHV, 2008. – 608 с.
4. Виейра, Р. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2005 для профессионалов; Диалектика, 2008. – 1072 с.
5. Мэтью Макдональд. Pro WPF in C# 2010: Windows. Издательство: Вильямс, 2011г. ISBN: 978-1-43-027205-2.

#### **ОЦЕНКА ПЕРВИЧНЫХ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Жаднов В.В.  
НИУ ВШЭ

Рассматриваются вопросы расчета первоначального значения межповерочных интервалов электронных измерительных приборов. Показано, что для таких приборов использование стандартизованных методик может привести к неадекватным результатам. В качестве альтернативы предложена методика, основанная на расчете показателей долговечности, и приведены примеры, подтверждающие возможность ее применения при проектировании информационно-измерительных систем.

#### **Evaluation of the primary electronic calibration intervals of measuring instruments of information-measuring systems. Zhadnov V.**

Deals with the calculation of the initial values of calibration intervals of measuring instruments. It is shown that for these devices the use of these techniques may lead to inadequate results. Alternatively, the proposed method based on the calculation of indicators of longevity and examples, confirming the possibility of its application in the design of information-measuring systems.

Рекомендации по методам расчета первоначального значения межповерочных интервалов (МПИ) на этапе утверждения типа средств измерений (СИ) приведены в [1]. Несмотря на то, что в этом

документе рассмотрен целый ряд методик, на практике наиболее широкое распространение получила методика ориентировочной оценки первичного МПИ по нормируемым показателям надежности СИ. Это обусловлено тем, что в сравнении с другими, эта методика не требует ни громоздких вычислений, ни больших объемов исходных данных.

Как следует из самого названия методики, в качестве исходных данных используются нормируемые в техническом задании (ТЗ) показатели надежности СИ, такие как вероятность ( $P_M$ ) того, что в течение заданной наработки ( $t$ ) метрологический отказ не возникнет, или средняя наработка ( $T_{ср.м.}$ ), равная математическому ожиданию наработки до первого метрологического отказа.

Поскольку в ТЗ обычно нормируются не показатели метрологической надежности ( $P_M(t)$  или  $T_{ср.м.}$ ), а показатели общей надежности СИ - вероятность безотказной работы -  $P(t)$  или средняя наработка до отказа -  $T_0$ . На ранних этапах проектирования СИ значения показателей надежности подтверждают расчетным путем [2]. Для современных информационно-измерительных систем характерно широкое применение электронных измерительных приборов (ЭИП). Так как ЭИП содержат большое число электронных модулей, то их можно рассматривать как радиоэлектронную аппаратуру (РЭА), для которой методики расчета показателей надежности приведены в [3].

В соответствии с этими методиками для экспоненциальной модели отказов РЭА значения  $P(t)$  и  $T_0$  связаны соотношениями:

$$P(t) = \exp\left(-\frac{t}{T_0}\right) \text{ или } T_0 = -\frac{t}{\ln P(t)}. \quad (1)$$

Исходя из (1) можно сделать вывод о том, что при одних и тех же значениях  $P(t)$ ,  $T_0$  и  $t$  формулы расчета МПИ ( $\Delta T_{мпн}$ ), приведенные в пункте А5 [1], должны дать один и тот же результат, как при нормировании  $P(t)$ , так и  $T_0$ . Вместе с тем, в пункте А5 [1] приведены примеры расчета МПИ, но для различных исходных данных, что не позволяет подтвердить сделанный выше вывод. Поэтому воспользуемся исходными данными первого примера пункта А5 [1] и рассчитаем  $\Delta T_{мпн}$  для случая нормирования  $T_0$  при двух значениях коэффициента интенсивности эксплуатации ( $K_{и.э.}$ ). Результаты расчетов  $\Delta T_{мпн}$  по данным о  $P(t)$  и  $T_0$  сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчетов первоначального значения МПИ

№ п/п	Исходные данные	T <sub>1</sub> , ч.	T <sub>2</sub> , ч.	ΔT <sub>мпн</sub> , лет.		
				K <sub>и.э.</sub> = 1	K <sub>и.э.</sub> = 0,11	
					расчет	[1]
1	2	3	4	5	6	7
1	P(t)	948,8	785	0,1	0,8	0,8
2	T <sub>0</sub>	10019,1	9182,5	1,0	9,5	-

Как видно из табл. 1 при одних и тех же исходных данных результаты расчетов  $\Delta T_{мпн}$  отличаются более, чем в 10 раз.

Таким образом, исходя из принципа получения «нижней оценки»  $\Delta T_{мпн}$ , следует в качестве исходных данных использовать  $P(t)$ . В тоже время, в ТЗ обычно нормируют  $T_0$ , что заведомо приведет к получению завышенной оценки  $\Delta T_{мпн}$  ЭИП.

Выход из этой ситуации может быть найден, если вместо показателей безотказности ЭИП, к которым относится  $T_0$ , использовать показатели долговечности, также нормируемые в ТЗ. Т.к. ЭИП характеризуется циклическим режимом применения, то показателем их долговечности должен быть показатель типа «срок службы». Кроме того, проведя аналогию между поверкой (калибровкой) ЭИП и ремонтом ЭС и принимая во внимание, что по истечении МПИ ЭИП должен быть выведен из эксплуатации независимо от его технического состояния, то это позволяет однозначно определить показатель долговечности ЭИП - назначенный срок службы до ремонта ( $T_{сл.н.р.}$ ), который будет численно равен  $\Delta T_{мпн}$ .

В соответствии с [4]  $T_{сл.н.р.}$  определяют как:

$$T_{сл.н.р.} = n \cdot T_{сл.γр.},$$

где:  $n$  - часть, которую должен составлять  $T_{сл.н.р.}$  от  $T_{сл.γр.}$ ;  $T_{сл.γр.}$  - гамма-процентный срок службы ЭИП до ремонта;  $γ$  - доверительная вероятность (по ГОСТ 27.003 [6]  $n = 0,9$ ,  $γ = 0,98$ ).

Методики расчета показателей долговечности ЭС приведены в [5]. Рассмотрим возможность применения этих методик для оценки первоначального значения МПИ по данным, приведенным в пункте А4 [1] для аттенуатора АСО-3М.

Значение гамма-процентного ресурса резисторов для  $γ_1 = 0,98$  получим с использованием формулы, приведенной в [5]:

$$T_{p,\gamma_1} = \frac{(1 - 0,15 \cdot \chi_1)}{(1 - 0,15 \cdot \chi)} \cdot T_{p,\gamma} (TY) = 49777,8 \text{ ч.},$$

где:  $\chi$ ,  $\chi_1$  - квантили стандартного нормального распределения  $\Phi(\chi)$ , соответствующие вероятностям  $\gamma$  и  $\gamma_1$ .

Т.к. для всех резисторов коэффициенты интенсивности эксплуатации и коэффициенты нагрузки равны 1, то:

$$T_{сл.н.р} = 0,9 \cdot 49777,8 = 44800 \text{ ч.}$$

Таким образом, первоначальное значение  $\Delta T_{МПИ}$  аттенюатора АСО-3М, рассчитанное по методике [5] составило 5,1 лет. Поскольку в пункте А4 [1] для аттенюатора типа АСО-3М значения  $\Delta T_{МПИ}$  не приведено, а приведена лишь итоговая формула для его определения и сказано, что  $\Delta T_{МПИ}$  находят из условия:

$$\Delta T_{МПИ} = \max(t),$$

где  $t$  должно удовлетворять неравенству:

$$P(t) \geq P_{м.и}^* = 0,9. \quad (2)$$

Найдем значение  $P(t)$  для  $t = 1,31 \cdot 10^6$  ч.:

$$P(t) = \Phi(1,3) - \Phi(-5,71) = 0,9032.$$

Т.к.  $P(t = 1,31 \cdot 10^6)$  удовлетворяет неравенству (2) и его можно считать минимальным (т.к.  $P = 0,9032$  превышает  $P_{м.и}^* = 0,9$  менее, чем на 0,4%), то в соответствии с методикой пункта А4 [1] следует принять  $\Delta T_{МПИ} = t = 1,31 \cdot 10^6$  ч. (или 149,5 лет)! Такой результат также вызывает определенные сомнения в адекватности методики расчета первоначальных значений МПИ, приведенной в пункте А4 [1].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что методики, приведенные в [1] малоприменимы для расчета первоначальных значений МПИ электронных измерительных приборов по их нормируемым показателям безотказности. Поэтому для таких СИ при оценке первоначальных значений МПИ следует применять показатели долговечности, а именно назначенный срок службы до ремонта. Такие показатели будут применяться и для обоснования выбора МПИ ЭИП, входящих в состав Информационно-измерительной системы, позволяющей формировать тепловые поля печатных узлов ЭС по данным, полученным от термодатчиков [6].

Вместе с тем необходимо отметить, что и методики расчета показателей долговечности, приведенные в [5], не лишены недостатков, причем некоторые аспекты повышения точности и достоверности этих методик рассмотрены в работах [7, 8]

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-07-00422).

### Литература

1. РМГ 74-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений.
2. Ченцова С.В. Расчет первичного межповерочного интервала по нормируемым показателям надежности средства измерений. / Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - с. 141-142.
3. ОСТ 4Г0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности.
4. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.
5. ОСТ 4.012.013-84. Аппаратура радиоэлектронная. Определение показателей долговечности.
6. Аминев Д.А., Манохин А.И., Семенов А.Н., Увайсов С.У. Метод расчета погрешностей измерений температур электрорадиоэлементов печатного узла. / Измерительная техника. - 2015. - № 5. - с. 45-47.
7. Жаднов В.В. Расчетная оценка показателей долговечности электронных средств космических аппаратов и систем. / Надежность и качество сложных систем. - 2014. - № 2. - с. 65-73.
8. Карапузов М.А., Полесский С.Н., Жаднов В.В. Влияние внешних воздействующих факторов на долговечность СВЧ-устройств. / Т-Сопн: Телекоммуникации и транспорт. - 2014. - № 12. - с. 29-31.