

**ОЦЕНКА НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ
КОНТРОЛИРУЕМОГО ПАРАМЕТРА
РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ
ПРИ НЕПОЛНЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ**

А.А. Панков

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл., Россия,
aa_pankov@vniiftri.ru*

Аннотация. Рассматриваются положения по применению прикидочной выборочной оценки правильности назначения допустимых отклонений контролируемого параметра радиотехнического изделия при неполных исходных данных, раскрываются рекомендации по повышению эффективности метрологического обеспечения и устранению выявленных недостатков.

Ключевые слова: метрологическая экспертиза, допустимые отклонения контролируемого параметра, прикидочная выборочная оценка.

**ASSESSMENT OF THE ESTIMATION OF PERMISSIBLE
DEVIATIONS OF THE CONTROLLED PARAMETER
OF THE RADIO ENGINEERING PRODUCT
WITH INCOMPLETE BASIC DATA**

A.A. Pankov

*FSUE “VNIIFTRI”, Mendeleevo, Moscow region, Russia,
aa_pankov@vniiftri.ru*

Annotation. The provisions on the use of an eye sample estimate of the correctness of assigning the permissible deviations of the controlled parameter of a radio engineering product with incomplete basic data are considered; recommendations for improving the efficiency of metrological support and eliminating the identified defects are disclosed.

Key words: metrological expertise, permissible deviations of the controlled parameter, eye sample estimate.

Одной из задач метрологической экспертизы изделия и его конструкторской документации, решаемой при выполнении эскизного и технического проектов [1, 2] опытно-конструкторской работы (ОКР), является оценка правильности назначения допустимых отклонений контролируемых параметров изделия [3–5].

При назначении допустимых отклонений контролируемых параметров изделия применяются методы назначения допустимых отклонений, которые описаны [6–8].

Анализ обоснований по выбору и установлению допустимых отклонений контролируемых параметров изделий, а особенно сложных радиотехнических изделий, приводимых в пояснительных записках эскизного и технического проектов [1, 2], показывает, что данному вопросу уделяется недостаточное внимание. Так, часто не для всех параметров устанавливаются (назначаются) допустимые отклонения, обоснования по их установлению либо не содержат информацию о законах распределения контролируемых параметров, либо вообще отсутствуют.

Учитывается то, что на этапах эскизного и технического проектирования могут планироваться и проводиться работы по макетированию разрабатываемых составных частей (блоков, узлов) изделия. При этом, как правило, макетированию подвергаются те составные части (блоки, узлы и т.п.) сложного радиотехнического изделия, которые определяют основные технические характеристики.

Результаты экспериментальных исследований, полученные в ходе работ по макетированию составных частей изделия, целесообразно использовать в качестве обоснований по установлению (назначению) допустимых отклонений параметров и при оценке правильности их назначения.

При небольшом числе параметров и неполных исходных данных на этапах эскизного и технического проектирования изделия целесообразно применять прикидочную выборочную оценку правильности назначения допустимых отклонений контролируемых параметров изделия [6–8].

В качестве количественного критерия оценки используют вероятность нахождения параметра в допуске P_D (рис. 1) или обратную величину — вероятность выхода параметра за пределы допустимых отклонений $P_{\text{ВЫХ}} = 1 - P_D$ (рис. 2).

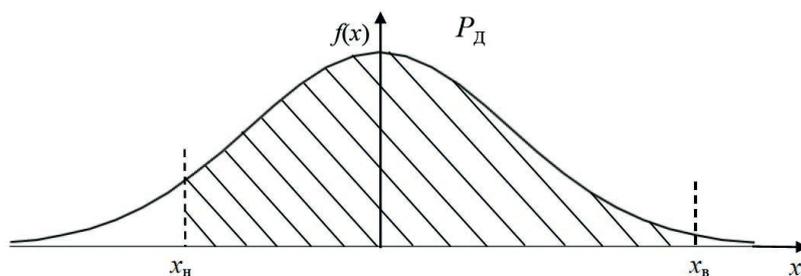


Рис. 1

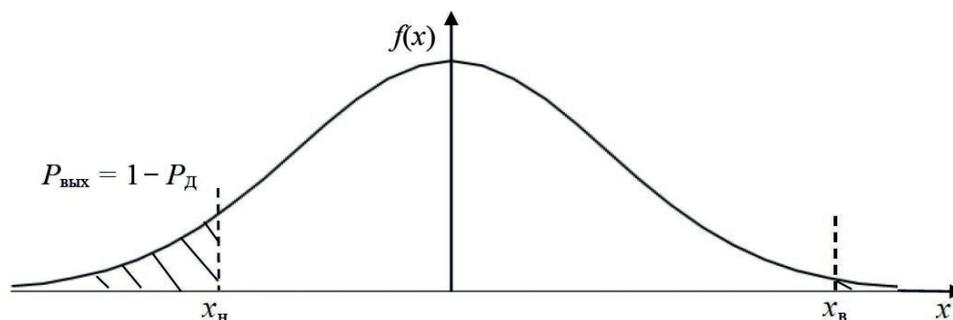


Рис. 2

Исходными данными для оценки являются наибольшее предельно допустимое значение параметра x (x_b) и наименьшее предельно допустимое значение параметра x (x_n) и заданная вероятность его выхода за эти пределы $P_{\text{вых}} = 1 - P_{\text{д}}$.

Раскроем основные положения применения прикидочной выборочной оценки на следующем примере.

Условия задачи

Для создания выходного сигнала передатчика заданной мощности выходное напряжение источника питания разработчиком определено в виде наибольшего предельно допустимого значения напряжения u_b , равного 78 В, и наименьшего предельно допустимого значения u_n , равного 72 В.

По результатам исследования макета источника питания в нормальных условиях установлено, что закон распределения выходного напряжения является нормальным с математическим ожиданием m_u , равным 74 В, и средним квадратическим отклонением σ_u , равным 2 В.

Необходимо оценить правильность установления допустимых отклонений напряжения постоянного тока источника питания выходного каскада передатчика с вероятностью нахождения выходного напряжения в допуске $P_{\text{д}}$, равной 0,95.

Дано:	$u_b = 78 \text{ В};$	$f(u)$ — нормальный;
	$u_n = 72 \text{ В};$	$m_u = 74 \text{ В};$
	$P_{\text{д}} = 0,95;$	$\sigma_u = 2 \text{ В}.$

Графическое представление условий задачи представлено на рис. 3.

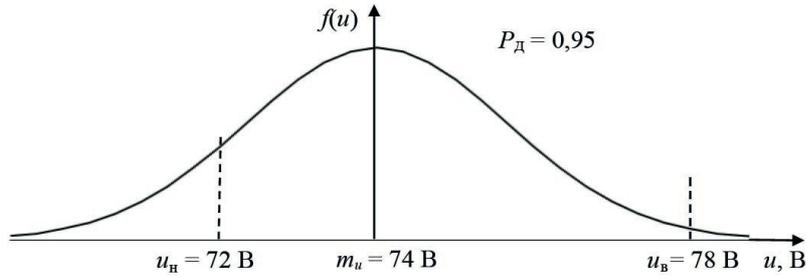


Рис. 3

Решение

1. Находим значение u_c , соответствующее середине поля допуска, по формуле

$$u_c = \frac{u_H + u_B}{2}. \quad (1)$$

Подставив значения в формулу (1), получим:

$$u_c = \frac{72 + 78}{2} = 75 \text{ В}.$$

2. Находим нижнее и верхнее допустимые отклонения по формулам:

$$\delta_H = u_c - u_H; \quad (2)$$

$$\delta_B = u_B - u_c. \quad (3)$$

Для двухстороннего симметричного допуска выполняется следующее равенство:

$$\delta = \delta_H = \delta_B. \quad (4)$$

Подставив значения в формулы (2)–(4), для двухстороннего симметричного допуска получим:

$$\delta = 3 \text{ В}.$$

3. Находим смещение середины поля допуска относительно математического ожидания параметра γ_c по формуле

$$\gamma_c = m_u - u_c. \quad (5)$$

Подставив значения в формулу (4), получим:

$$\gamma_c = 74 - 75 = -1 \text{ В}.$$

Нанесём на рис. 3 результаты расчётов значения, соответствующее середине поля допуска u_c и смещению середины поля допуска относительно математического ожидания параметра γ_c . Результат представлен на рис. 4.

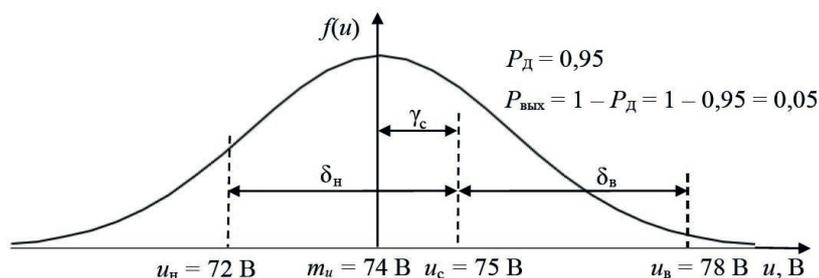


Рис. 4

4. Определим отношение

$$\frac{|\gamma_c|}{\sigma_u} = \frac{|m_u - u_c|}{\sigma_u}. \quad (6)$$

После замены переменных в формуле (6) их значениями, получим:

$$\frac{|\gamma_c|}{\sigma_u} = \frac{|74 - 75|}{2} = \frac{|-1|}{2} = 0,5.$$

5. Найдём вероятность выхода параметра за пределы допустимых отклонений по формуле

$$P_{\text{ВЫХ}} = 1 - P_d. \quad (7)$$

Подставив значения в формулу (7), получим:

$$P_{\text{ВЫХ}} = 1 - 0,95 = 0,05.$$

6. По полученному отношению $\frac{|\gamma_c|}{\sigma_u}$ и заданной вероятности выхода параметра за пределы допустимых отклонений $P_{\text{ВЫХ}}$ с помощью графиков зависимости относительной ширины поля допуска от координаты его центра при различных законах распределения измеряемых параметров (рис. Д.1–Д.4 [8]) определяют минимально допустимую относительную ширину поля допуска $\frac{\delta_\phi}{\sigma_u}$. Порядок определения, представленный на рис. 5, включает:

а) на оси абсцисс $\frac{|\gamma_c|}{\sigma_u}$ находим точку А, значение которой соответствует значению, полученному по формуле (6);

б) из точки А строим вертикальную линию до пересечения с кривой вероятности выхода параметра за пределы допустимых отклонений $P_{\text{ВЫХ}}$, значение которой соответствует значению, полученному по формуле (7), таким образом находится точка Б;

в) из точки Б строим горизонтальную линию до пересечения с осью ординат $\frac{\delta_\phi}{\sigma_u}$ и находим точку В, значение которой соответствует искомому значению минимально допустимой относительной ширины поля допуска.

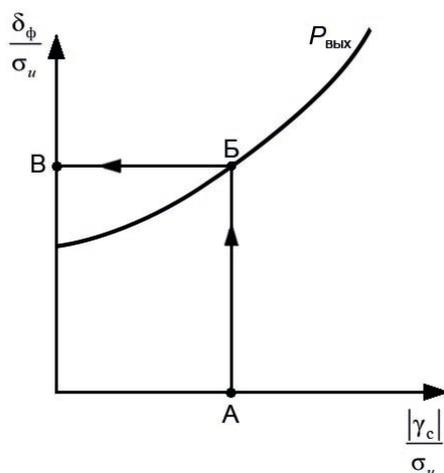


Рис. 5

На основании результатов исследования закона распределения выходного напряжения макета источника питания (установлено, что он является нормальным) выбирается график, представленный на рис. Д.1 [8].

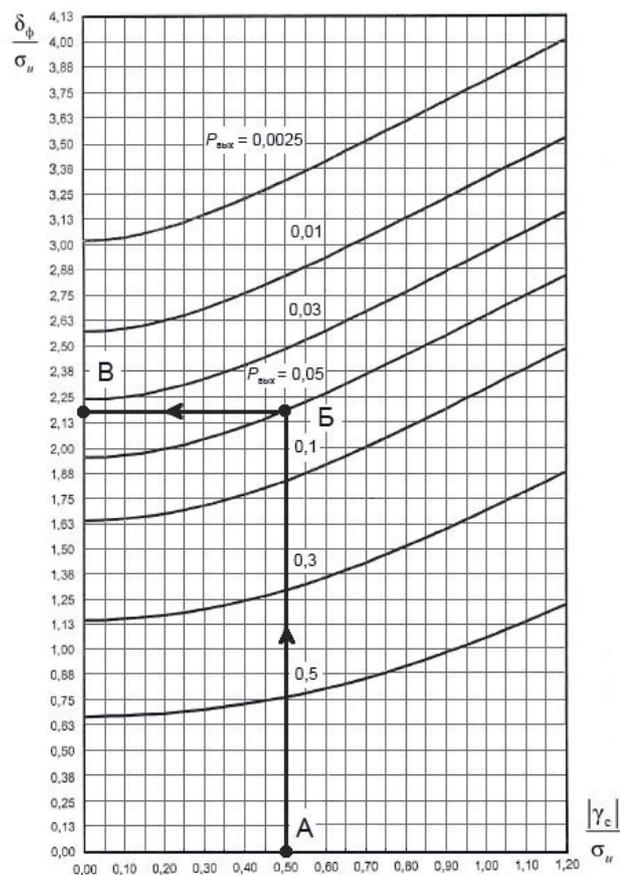
Выполнив все операции, представленные на рис. 6, а именно:

а) для точки А отношение $\frac{|\gamma_c|}{\sigma_u} = 0,5$;

б) точка Б на кривой $P_{\text{ВЫХ}} = 0,05$;

в) для точки В получим искомое отношение, равное $\frac{\delta_\phi}{\sigma_u} = 2,19$.

Рис. 6



7. Зная отношение, равное $\frac{\delta_{\phi}}{\sigma_u} = 2,19$, и среднее квадратическое отклонение σ_u , равное 2 В, находим минимальную допустимую ширину поля допуска δ_{ϕ} :

$$\delta_{\phi} = 2,19 \cdot 2 = 4,38 \text{ В.}$$

8. Определим требуемые наименьшее и наибольшее предельно допустимые значения напряжения по формулам

$$u_{\text{н}}^{\text{Тр}} = m_u - \delta_{\phi}; \quad (8)$$

$$u_{\text{в}}^{\text{Тр}} = m_u + \delta_{\phi}. \quad (9)$$

После замены переменных в формулах (8) и (9) их значениями получим:

$$u_{\text{н}}^{\text{Тр}} = 74 - 4,38 = 69,62 \text{ В};$$

$$u_{\text{в}}^{\text{Тр}} = 74 + 4,38 = 78,38 \text{ В}.$$

При этом для двухстороннего симметричного допуска выполняется следующее равенство:

$$\delta_{\phi} = \delta_{\text{н}\phi} = \delta_{\text{в}\phi}. \quad (10)$$

Дополним рис. 4 результатами расчётов требуемыми наименьшим и наибольшим предельно допустимыми значениями напряжения. Результат представлен на рис. 7.

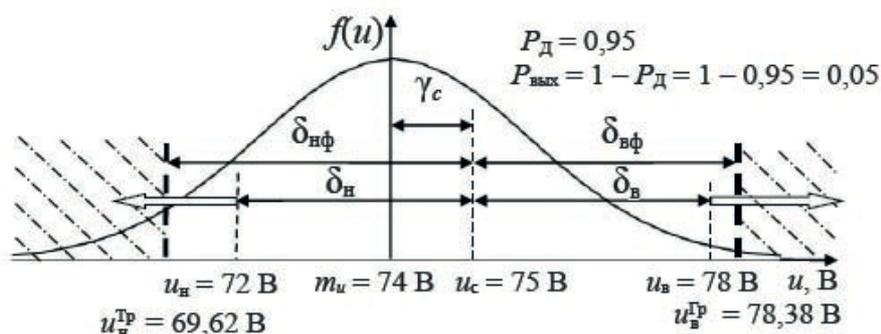


Рис. 7

9. Далее сравнивают значение минимальной допустимой ширины поля допуска δ_{ϕ} с допустимым отклонением δ :

$$\delta_{\phi} \leq \delta. \quad (11)$$

Если условие (11) выполняется, то допустимое отклонение назначено правильно, а если условие (11) не выполняется, то разрабатываются рекомендации по уточнению допустимого отклонения на контролируемый параметр.

Подставив значения, полученные по подп. 2 и 7, получим:

$$4,38 \leq 3,0 \text{ В}.$$

Условие (11) не выполняется, поэтому требуется разработка рекомендаций по уточнению допустимых отклонений контролируемого параметра, направленных на обеспечение выполнения следующих условий:

$$u_{\text{н}} \leq u_{\text{н}}^{\text{Тр}}; \quad (12)$$

Типовые рекомендации по уточнению допустимых отклонений контролируемого параметра, включаемые в раздел «Результаты метрологической экспертизы», и заключения по результатам проведения метрологической экспертизы изделия приведены в таблице.

Таблица

Содержание решаемой задачи метрологической экспертизы	Полученный результат (оценка решения задачи и содержание замечаний)	Рекомендации по повышению эффективности метрологического обеспечения и устранения выявленных недостатков
<p>Оценка обоснованности состава параметров, подлежащих измерению (контролю) при изготовлении, испытаниях и эксплуатации изделия и допустимых пределов их изменения</p>	<p>По результатам проведённой прикидочной выборочной оценки обоснований [пояснительная записка АВБГ.463127.047ПЗ, п. 5.2.3, л. 146-149] правильности назначения допуска напряжения постоянного тока источника питания выходного каскада передатчика (по тексту указано «от 72 до 78 В») установлено, что допустимое отклонение, равное 3 В, меньше минимальной допустимой ширины поля допуска при доверительной вероятности, равной 0,95, которая равна 4,38 В</p>	<p>Разработчику источника питания выходного каскада передатчика на этапе «Разработка технического проекта» уточнить технические требования (далее — ТТ) к напряжению питания выходного каскада передатчика.</p> <p>Если ТТ могут быть изменены путём увеличения диапазона возможных значений (например, от 69 до 79 В), тогда:</p> <ul style="list-style-type: none"> - провести исследования источника питания в рабочих условиях применения, в том числе при повышенной и пониженной температуре окружающего воздуха. По результатам обработки измерений напряжения постоянного тока уточнить закон распределения параметра и значения его показателей; - провести прикидочную выборочную оценку для уточненных значений показателей закона распределения параметра; установить в конструкторской документации требование к параметру в виде «(Uном ± δ) В». <p>Если ТТ не могут быть изменены (то есть должны быть от 72 до 78 В), тогда:</p> <ul style="list-style-type: none"> - заменить источник питания с лучшими показателями или внести изменения в схемотехнику существующего источника питания, направленные на повышение стабильности выходного напряжения; - провести исследования источника питания в рабочих условиях применения, в том числе при повышенной и пониженной температуре окружающего воздуха. По результатам обработки измерений напряжения постоянного тока уточнить закон распределения параметра и значения его показателей; - провести прикидочную выборочную оценку для уточненных значений показателей закона распределения параметра; - установить в конструкторской документации требование к параметру в виде «(Uном ± δ) В»

Список литературы

1. ГОСТ 2.119–2013. Единая система конструкторской документации. Эскизный проект. — М.: Стандартинформ, 2018.
2. ГОСТ 2.120–2013. Единая система конструкторской документации. Технический проект.
3. ГОСТ Р 56098–2014. Системы космические. Метрологическая экспертиза конструкторской документации. Организация и порядок проведения. — М.: Стандартинформ, 2019.
4. ГОСТ Р 58931–2020 Система обеспечения единства измерений на предприятиях авиационной промышленности. Метрологическая экспертиза технических заданий, конструкторской и технологической документации. — М.: Стандартинформ, 2020.
5. РМГ 63–2003 Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
6. Сычев Е.И., Храменков В.Н., Шкитин А.Д. Основы метрологии военной техники. — М.: Воениздат, 1993.
7. Сычев Е.И. Метрологическое обеспечение радиоэлектронной аппаратуры. — М.: РИЦ, 1993.
8. РД В 319.01.13–98. Комплексная система контроля качества. Оценка метрологического обеспечения. — М.: Воениздат, 2004.

Статья поступила в редакцию: 01.04.2021 г.

Статья прошла рецензирование: 01.06.2021 г.

Статья принята в работу: 01.07.2021 г.