

Об объёме выборки средств измерительной техники при оценке их соответствия техническим регламентам по модулю F

Г.Ю. Народницкий

Национальный научный центр "Институт метрологии", ул. Мироносицкая, 42, 61002, Харьков, Украина
narodnitsky@gmail.com

Аннотация

Рассмотрены принципы отбора выборки средств измерительной техники при оценке соответствия техническим регламентам по модулю F и достоверность при использовании выборки.

Согласно техническому регламенту законодательно регулируемых средств измерительной техники и техническому регламенту средств измерительной техники, при оценке соответствия по модулю F допускается выборочный контроль с обеспечением доверительной вероятности 0,95.

Для проверки выполнения требования обеспечения доверительной вероятности 0,95 возможен наиболее простой, но очень трудоёмкий путь — взять достаточно большой объём партии и проверить, чтобы количество средств измерительной техники с погрешностью, не выходящей за пределы её нормированной величины, было не менее 95 % от объёма партии. Другой путь, требующий гораздо меньший объём партии — для каждого средства измерительной техники найти среднее квадратичное отклонение погрешностей (с их знаками), затем, исходя из распределения Стьюдента, найти отклонение, соответствующее вероятности 0,95. Результат проверки может считаться положительным, если найденное отклонение не превышает нормированную погрешность.

Доверительные интервалы для среднего квадратичного отклонения составляют около 22 % при 20 приборах и около 9 % при 100 приборах.

Возможно некоторое дополнительное уменьшение выборочных партий, если каждый прибор из партии испытывается в нескольких точках диапазона, и есть основания считать результаты в данных точках независимыми. Тогда берётся не максимальная погрешность по диапазону, а для каждого прибора используются погрешности (со знаками) во всех точках диапазона. В этом случае эквивалентное количество приборов уменьшается в количестве точек измерений по диапазону.

Ключевые слова: вероятность, выборка, погрешность, распределение, регламент.

Получено: 12.06.2018

Отредактировано: 20.08.2018

Одобрено к печати: 30.08.2018

Введение

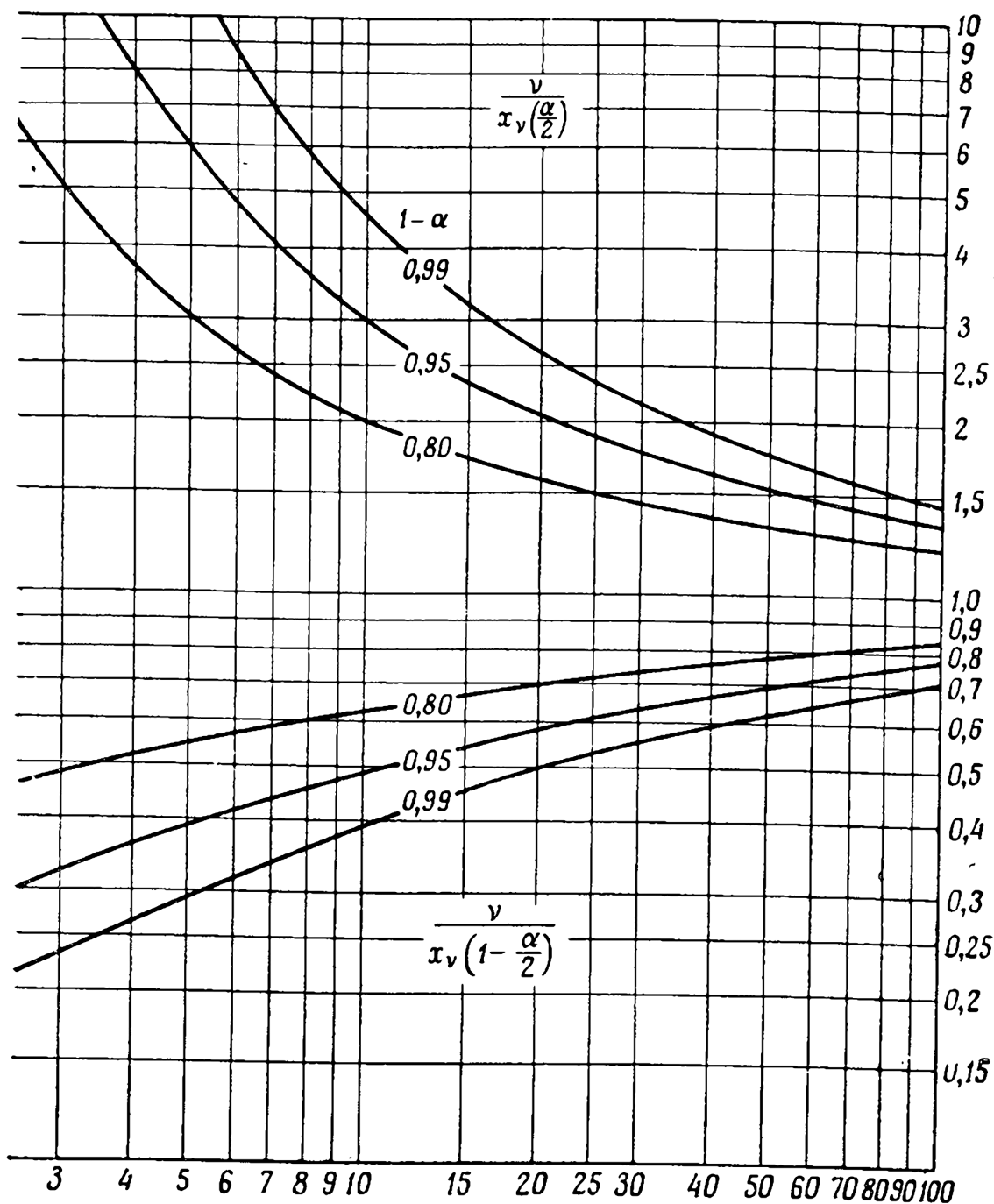
Согласно техническому регламенту законодательно регулируемых средств измерительной техники [1] и техническому регламенту средств измерительной техники [2] при оценке соответствия по модулю F допускается выборочный контроль с обеспечением доверительной вероятности 0,95. При этом в литературе значительная часть работ по выборочному контролю не связана со средствами измерительной техники (СИТ), например, [3], и подходы не вполне логичны для применения к погрешностям СИТ.

Совершенно ясно, что наиболее правильный путь определения погрешности с доверительной вероятностью 0,95 — взять большой объём партии, например, 1000 штук и определить часть СИТ с погрешностью, не выходящей за пределы её нормированной величины. Если таких будет больше 950, то требование выполняется. Однако такой подход очень трудоёмкий и дорогостоящий.

Результаты исследований

Другой подход — при достаточно общем предположении о распределении погрешностей по написанному знаку взять небольшую партию с количеством СИТ до 100, найти среднее квадратичное отклонение (СКО) погрешностей (с их знаками), затем, исходя из распределения Стьюдента, найти отклонение, соответствующее вероятности 0,95 [4], а далее найти доверительные интервалы СКО. Дисперсия случайных величин характеризуется χ^2 — распределением с ν степеней свободы, где $\nu = n-1$, n — количество независимых измерений [5]. χ^2 — распределение с увеличением n приближается по форме, при $n \geq 10$, к нормальному распределению [5], а доверительные интервалы приближаются к симметричным.

Доверительные интервалы χ^2 — распределения отсчитываются от математического ожидания значений дисперсий при $\nu = 100$ и несимметричны.



Графики зависимости $\frac{v}{x_v(\alpha/2)}$, $\frac{v}{x_v(1-\alpha/2)}$ от v для $(1-\alpha) = 0,80; 0,95; 0,99$

На рисунке, приведенном в [5], показаны доверительные интервалы с вероятностью 0,8; 0,95 и 0,99 в соответствии с χ^2 — распределением в зависимости от $v = n - 1$, где n — количество независимых измерений.

Однако для практического применения и $n \geq 10$ можно брать средние величины доверительных интервалов. Кроме того, для практического применения можно взять эти интервалы с доверительной вероятностью около 80 %, а переходя от дисперсии к СКО, брать в 2 раза меньшие интервалы. Тогда получим для доверительных ин-

тервалов СКО: при $n = 8 \pm 50$ %, при $n = 10 \pm 40$ %, при $n = 20 \pm 22$ %, при $n = 100 \pm 9$ %.

Возможно некоторое увеличение достоверности испытаний при малом числе приборов, если каждый прибор из партии испытывается в нескольких точках диапазона и есть основания считать результаты в данных точках независимыми. Для разных приборов такой погрешностью, не зависящей от измеряемой величины и нормируемой во всем диапазоне одним значением, может быть абсолютная или относительная погрешность. Например, испытания уровнемеров

в 5-ти точках. Тогда нужно не брать максимальную погрешность из 5 погрешностей по диапазону, а для каждого прибора использовать все 5 погрешностей (со своими знаками), при 10 приборах $n = 50$.

На основании вышеизложенного может быть сделан следующий вывод. Минимальная партия приборов, по которым может быть сделан вывод об их погрешности с заданной вероятностью, должна быть не менее 50, если для каждого прибора использовать одно значение погрешности. При меньшем количестве приборов можно судить о величине погрешности, но судить об её доверительной вероятности нельзя. Если возможно использование для каждого прибора n погрешностей, то количество приборов может быть уменьшено в n раз.

Кроме того, если вся выпускаемая партия недостаточна для точной оценки и нет другого выхода, то это является объективным обстоятельством. Если же при небольшой партии ещё отбирать часть приборов, то это уже следует считать нарушением требований регламента.

Рассмотрим пример проведения оценки соответствия по модулю F.

Изготовлена партия уровнемеров в количестве 50 единиц одного и того же исполнения. Каждый уровнемер проходит метрологические испытания в 5-ти точках диапазона, нормированная максимально допускаемая погрешность равна ± 1 мм. Проводим отбор 20 уровнемеров для испытаний. После метрологических испытаний получен ряд погрешностей из 100 чисел (со знаком). Для этих чисел рассчитываем СКО, которое составит, например, 0,4 мм, и умножаем его на коэффициент Стьюдента (около 2). Находим доверительные интервалы с вероятностью 80 % для СКО, они составят ± 9 %. Погрешность с доверительной вероятностью 0,95 будет равна ± 2 СКО или $\pm 0,8$ мм.

Выводы

Для выполнения требований технических регламентов [1, 2] объём партии для выборочного контроля должен обеспечить доверительную вероятность погрешности не менее 95 %. Значительное уменьшение объёма выборки может быть достигнуто путём использования не максимальных погрешностей, а характеристик распределения всех найденных погрешностей.

Щодо об'єму вибірки засобів вимірювальної техніки під час виконання оцінки їх відповідності технічним регламентам за модулем F

Г.Ю. Народницький

Національний науковий центр "Інститут метрології", вул. Мирносолицька, 42, 61002, Харків, Україна
narodnitsky@gmail.com

Анотація

Розглянуто принципи відбору вибірки засобів вимірювальної техніки під час виконання оцінки відповідності технічним регламентам за модулем F та достовірність у разі використання вибірки.

Згідно з технічним регламентом законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки та технічним регламентом засобів вимірювальної техніки, при виконанні оцінки відповідності за модулем F допускається вибірковий контроль із забезпеченням довірчої ймовірності 0,95.

Для перевірки виконання вимог із забезпечення довірчої ймовірності 0,95 можливий найбільш простий, але дуже трудомісткий шлях — взяти досить великий обсяг партії та перевірити, щоб кількість засобів вимірювальної техніки з похибкою, що не виходить за межі її нормованої величини, була не менше, ніж 95 % від обсягу партії. Інший шлях, що вимагає набагато менший обсяг партії — для кожного засобу вимірювальної техніки знайти середнє квадратичне відхилення похибок (з їх знаками), потім, виходячи з розподілу Стьюдента, знайти відхилення, яке відповідає ймовірності 0,95. Результат перевірки може вважатися позитивним, якщо знайдене відхилення не перевищує нормовану похибку.

Довірчі інтервали для середнього квадратичного відхилення становлять близько 22 % при 20 приладах і близько 9 % при 100 приладах.

Можливе деяке додаткове зменшення вибірових партій, якщо кожен прилад із партії випробується у декількох точках діапазону та є підстави вважати результати у даних точках незалежними. Тоді береться не максимальна похибка за діапазоном, а для кожного приладу використовуються похибки (зі знаками) у всіх точках діапазону. У цьому випадку еквівалентна кількість приладів зменшується в кількості точок вимірювань за діапазоном.

Ключові слова: ймовірність, вибірка, похибка, розподіл, регламент.

About the size of measuring instruments sample in the conformity assessment of them with technical regulations on the module F

G. Yu. Narodnytskyi

National Scientific Centre "Institute of Metrology", Myronosytska Str., 42, 61002, Kharkiv, Ukraine
narodnitsky@gmail.com

Abstract

The principles of measuring instruments sampling in the conformity assessment with technical regulations on the module F and the reliability of using the sample are considered in this paper.

According to the technical regulation of the legislatively regulated measuring instruments and the technical regulation of measuring instruments, in the compliance assessment according to the module F, sampling control is possible with a confidence level of 0.95.

In order to verify the fulfillment of the requirement to ensure a confidence probability of 0.95, the simplest but very laborious way is to take a sufficiently large batch size and verify that the amount of measuring instruments with an error not exceeding its normalized value is not less than 95 % of the batch size. Another way that requires a much smaller batch size is to find the root mean square deviation of errors (with their signs) for each measuring instrument, then based on the Student's distribution, to find the deviation corresponding to the probability of 0.95. The test result can be considered positive if the deviation obtained does not exceed the normalized error.

Confidence intervals for the root mean square deviation are about 22 % for 20 instruments and about 9 % for 100 instruments.

There may be some additional reduction in sample size, if each instrument from a batch is tested at several points of the range and there are grounds for considering the results at these points to be independent. Then, not the maximum error in the range is taken, but the errors (with signs) at all points of the range are used for each instrument. In this case, the equivalent number of instruments is reduced in the number of measurement points of the range.

Keywords: probability, sample, error, distribution, regulation.

Список литературы

1. Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 р. № 94.
2. Технічний регламент засобів вимірювальної техніки, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 р. № 163.
3. ДСТУ ISO 2859–1–2001. Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 1. Плани вибіркового контролю, визначені приймальним рівнем якості для послідовного контролю партій. Київ, 2001. 43 с.
4. Козлов В.В. Поверка средств неразрушающего контроля. Москва: Издательство стандартов, 1989. 215 с.
5. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Москва: Мир, 1971. Вып. 1. 316 с.

References

1. Tekhnichnyj rehlyament zakonodavcho rehul'ovanykh zasobiv vymiruval'noi tekhniki, zatverdzhenyi postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13.01.2016 p. № 94 [Technical regulation of legally controlled measuring instruments, approved by the decision of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 13 January 2016. № 94] (in Ukrainian).

2. Tekhnichnyj rehlyament zasobiv vymiruval'noi tekhniki, zatverdzhenyi postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.02.2016 p. № 163 [Technical regulation of measuring instruments, approved by the decision of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 24 February 2016. № 163] (in Ukrainian).
3. ISO 2859–1:1999/Cor.1:2001. Sampling procedures for inspection by attributes. Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection.
4. Kozlov V.V. Poverka sredstv nerazrushajushhego kontrolja [Verification of the means of nondestructive testing]. Moscow, Yzdatel'stvo standartov, 1989. 215 p. (in Russian).
5. Jenkins G.M., Watts D.G. Spectral analysis and its applications. San Francisco, Cambridge, London, Amsterdam, Holden-Day, 1969. 525 p.