

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОЦЕНОК НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АППРОКСИМАЦИЯХ ЭМПИРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

З. Ю. ТРЕТЬЯК

Белорусский государственный университет транспорта

Измерения, испытания и контроль являются основными методами оценки соответствия при сертификации. При этом главной целью сертификационных испытаний являются безусловная достоверность, необходимая точность и полнота получаемой при испытаниях информации о качестве продукции.

В измерительной практике важно не только получить точечную оценку результата измерения, но и определить доверительный интервал, между границами которого с заданной доверительной вероятностью $P_d \{x_n < x < x_n\} = 1 - q$, где q – уровень значимости; x_n , x_n – нижняя и верхняя границы интервала, находится истинное значение измеряемой величины.

При определении интервальной оценки результатов многократных измерений чаще всего предполагается, что измеренные величины распределены нормально. При этом доверительные интервалы строят, зная оценку среднего квадратичного отклонения σ , значение t находят по таблице распределения Стьюдента.

Однако использование аппроксимации распределения результатов многократных измерений усеченным нормальным законом распределения при выбранной доверительной вероятности дает увеличенное значение доверительного интервала по сравнению с аппроксимацией распределениями: равномерным, трапецеидальным, треугольным, Релея.

Целью проведенных нами исследований было сравнение доверительных интервалов, полученных при аппроксимации законов распределения нормальным законом и при аппроксимации заданным законом, отличным от нормального. Для сравнения величины доверительных интервалов, полученных при аппроксимации законов распределения нормальным законом и при аппроксимации заданным законом, отличным от нормального, спланирован, подготовлен и проведен вычислительный эксперимент.

При одинаковом заданном среднем арифметическом ($m = 3$) были созданы модели распределений: Релея, равномерного, нормального, треугольного, трапецеидального. Для каждого вида распределения была вычислена оценка среднего квадратичного отклонения. Были рассчитаны доверительные интервалы с доверительной вероятностью 0,95 и 0,99 для заданных законов распределения и для нормального распределения со средним арифметическим и средним квадратическим отклонением, такими же, как при заданных законах распределения.

Получение «экспериментальных» данных, включая «генеральную совокупность», необходимую для оценки представительности конкретных выборок, а также формирование и исследование выборок осуществлялось на базе вычислительного эксперимента. Объектом исследования являлись «многократные наблюдения» при измерении физической величины, распределенные по определенному заданному закону.

Порядок проведения эксперимента:

1 Получение массива, имитирующего результаты прямых измерений одной физической величины с многократными наблюдениями ($n = 150$), принимаемого за генеральную совокупность. Стохастические массивы получали с помощью созданной для проведения вычислительного эксперимента программы – генератора случайных величин чисел, распределенных по заданному определенному закону в заданном диапазоне.

2 Получение основных точечных оценок числовых характеристик заданных законов распределения вероятности случайных величин (среднее арифметическое, дисперсия, среднее квадратическое отклонение, минимальное и максимальное значение, размах).

3 Проведение проверки гипотезы о соответствии выборки, полученной с помощью генератора, нормальному закону распределения случайной величины по критерию Пирсона (χ^2) со значениями доверительных вероятностей $P_d = 0,95; 0,99$. Эти значения не только традиционно используются в метрологии, но и рекомендуются ГОСТ 8.207.

4 Построение нормального распределения при заданных среднем арифметическом и среднем квадратическом отклонении (среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение берутся такие же, как при заданных законах распределения). На рисунке 1 T_a – доверительный интервал для распределения Релея при $m = 3$, $\sigma = 1,63$, T_b – доверительный интервал для нормального распределения при $m = 3$, $\sigma = 1,63$, значение доверительной вероятности $P_d = 0,99$.

5 Определение доверительного интервала при значениях вероятностей 0,95 и 0,99 для заданных распределений и для построенного нормального распределения.

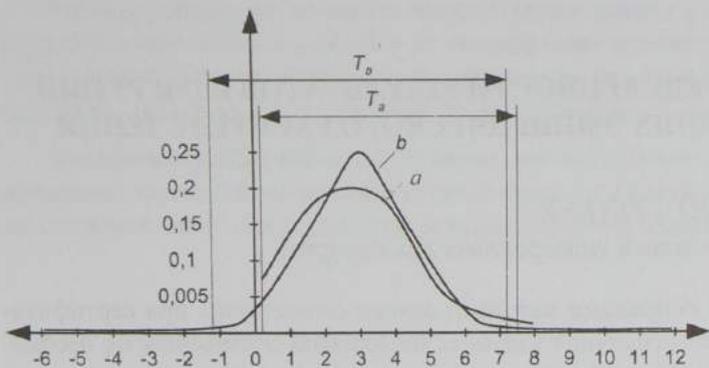


Рисунок 1 – Распределения: Релея (а), нормальное (б)

Было проведено сравнение границ интервала величин распределенных нормально с границами интервалов для величин следующих видов распределений: Релея, равномерное, треугольное, трапециевидное. Рассчитана приведенная погрешность γ для каждого вида распределения:

$$\gamma = \frac{a-b}{m-a} \cdot 100 \%,$$

где a – значение координаты для заданного распределения; b – значение координаты для нормального распределения; m – среднее арифметическое значение результатов много-

кратных измерений. Получены следующие значения приведенной погрешности:

Квантиль	γ , % при распределениях			
	равномерном	трапециевидном	треугольном	Релея
0,005	52	53	20	47
0,025	20	21	09	20
0,975	19	08	01	08
0,995	54	38	25	05

Сравнение доверительных интервалов, полученных при аппроксимации законов распределения нормальным законом и при аппроксимации заданным законом, отличным от нормального, показало, что разница в расчетах при доверительной вероятности $P = 0,99$, составляет свыше 50 % – для равновероятного трапециевидного распределения, 47 % – для распределения Релея; при доверительной вероятности $P = 0,95$ – снижается до 20 % для всех вышеуказанных распределений.

УДК 629.41

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УЧЁТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ТОПЛИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО

Б. С. ФРЕНКЕЛЬ

Белорусский государственный университет транспорта

По результатам исследований существующей системы измерения и учета дизельного топлива с использованием математической модели топливного хозяйства, разработанной в Белорусском государственном университете транспорта, выявлены измерительные операции, наиболее сильно влияющие на точность учета. Так, установлено, что значительное влияние на достоверность учетной информации оказывает метод определения плотности дизельного топлива. В условиях локомотивного депо плотность дизельного топлива определяют в лаборатории по результатам анализа объединённой пробы (смешиваемые пробы топлива, взятые на разных уровнях по высоте резервуара). Пробы топлива берут из резервуаров топливного склада дважды в сутки, и зафиксированное лабораторией значение плотности используют при расчётах в течение 12 часов. Таким образом, колебания температуры окружающей среды в течение суток, а также возможное отличие температуры топлива на пункте экипировки и на топливном складе не учитываются.

При определении массы топлива, израсходованного за поездку тепловозами, принимают плотность топлива, устанавливаемую приказом начальника Белорусской железной дороги дважды в год (на зимний и летний периоды). Исследование погрешности, вносимой таким учётом плотности топлива, проведены с использованием данных о погодных условиях для локомотивного депо Гомель (ТЧ-8) за 2006 год. Исследования позволили установить значительное влияние метода определения объёма топлива с использованием калибровочных таблиц на погрешность учета. Дискретность таких таблиц серьёзно влияет на достоверность результатов измерений, причём достоверность информации о количестве топлива снижается пропорционально увеличению объёма емкости, в которой проводят измерения. Так, например, при измерении объёма дизельного топлива на топливном складе с вертикальными резервуарами типа РВС-3000 невозможно определить объём ди-