

УДК 53.088.21

ОЦЕНКА БЛИЗОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМЕРЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ К НОРМАЛЬНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ

Монастырский Л.М.

ГОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: lev.m.monastyrskiy@gmail.com

Рассмотрен вопрос о близости экспериментального распределения измеряемой физической величины к нормальному распределению. Проведена оценка близости экспериментального распределения результатов определений сопротивления набора одинаковых по номиналу резисторов к нормальному на основе χ^2 -критерия. Вычислены коэффициенты асимметрии и эксцесса для распределения результатов определения сопротивления резисторов. Полученные результаты показали, что отличие экспериментального распределения результатов определения сопротивления резисторов от нормального незначимо.

Ключевые слова: распределение, сопротивление, критерий, коэффициенты асимметрии

ESTIMATION OF CLOSENESS OF EXPERIMENTAL DISTRIBUTION OF THE MEASURED PHYSICAL SIZE TO NORMAL DISTRIBUTION

Monastirskiy L.M.

Southern federal University, Rostov-on-Don,
e-mail: lev.m.monastyrskiy@gmail.com

A question is considered about the closeness of experimental distribution of physical measurand to normal distribution. The estimation of closeness of experimental distribution of results of determinations of resistance of set of identical at par resistors is conducted to normal on the basis of χ^2 -критерия. The coefficients of asymmetry and excess are calculated for distribution of results of determination of resistance of resistors. The got results showed that difference of experimental distribution of results of determination of resistance of resistors from normal unmeaning fully.

Keywords: distribution, resistance, criterion, coefficients of asymmetry

В реальной практической работе приходится иметь дело с результатами измерений, которые в той или иной степени отклоняются от нормального распределения. Поэтому при статическом анализе нового экспериментального материала нередко возникает необходимость оценить степень близости экспериментально наблюдаемого распределения к нормальному.

При современном уровне развития электронно-вычислительной техники получило широкое распространение использование электронных тренажёров, имитирующих лабораторный эксперимент. Для получения квазиэкспериментальных значений измеряемой величины разработчиками используется генератор случайных чисел, соответствующих нормальному распределению. В связи с этим возникает вопрос о близости экспериментального распределения измеряемой физической величины к нормальному распределению.

Оценка близости экспериментального распределения измеряемой физической величины к нормальному распределению про-

водилась для результатов измерений сопротивлений набора одинаковых по номиналу резисторов.

В работе использовался набор резисторов (100 штук). Сопротивление резисторов измерялось с помощью универсального цифрового вольтметра В7–23. Производство резисторов на заводе – сложный технологический процесс. В результате величина сопротивления резисторов может отличаться от номинала, указанного на каждом экземпляре. Это связано с технологическими погрешностями при изготовлении резисторов. В данной работе для измерения сопротивления используется измерительный прибор, который обеспечивает точность до сотых долей процента относительной погрешности. Таким образом, погрешностью измерений, связанной с измерительным прибором, можно пренебречь по сравнению с отклонениями, полученными в технологическом процессе изготовления резисторов. Результат измерения сопротивлений резисторов приведён в табл. 1.

Таблица 1

Результат измерения сопротивлений ста резисторов

473.4	484,0	485,4	486,6	488,3
480.3	484,2	485,6	486,6	488,3
480.9	484,3	485,6	486,6	488,4
481.1	484,5	485,6	486,7	488,5
481.7	484,5	485,6	486,7	488,5
481.8	484,5	485,7	486,8	488,6
482.0	484,5	485,8	486,9	488,7
482.6	484,5	485,9	486,9	488,7
482.8	484,7	485,9	487,0	488,7
482.9	484,7	486,0	487,1	489,2
483.0	484,7	486,0	487,2	489,5
483.3	484,8	486,1	487,2	489,6
483.4	484,9	486,1	487,5	490,2
483.4	485,0	486,1	487,5	490,2
483.5	485,0	486,4	487,5	490,3
483.5	485,0	486,4	487,8	490,3
483.5	485,2	486,4	487,8	490,6

Оценка степени близости распределения результатов измерений сопротивления набора резисторов к нормальному проводилась на основе χ^2 -критерия [1].

Для данного набора резисторов рассчитывались среднее арифметическое

$$\bar{x} = 485,9 \text{ Ом}$$

и выборочная дисперсия

$$S^2 = 7,3417 \text{ Ом}^2.$$

Все величины приведены в обозначениях работы [1].

Весь диапазон изменения сопротивлений набора резисторов разбивался на десять интервалов шириной $d=2$ Ом. Принималось, что верхняя граница интервала не принадлежит ему, и подсчитывалось число попавших в него результатов (табл. 2)

Таблица 2

Обработка результатов определения сопротивлений набора резисторов для расчета χ^2 -критерия

Класс	Интервал $x_j \div x_{j+1}$	n_j	Интервал $u_j \div u_{j+1}$	$\Phi(u_j)$	$\Phi(u_{j+1})$	p_j	Np_j	$\frac{(n_j - Np_j)^2}{Np_j}$
1	473,4–475,4	1	$-\infty \div -0,94$ ($n_1=12$)	-0,5	-0,3264	0,1736	17,4	1,6758
	475,4–477,4	0						
	477,4–479,4	0						
	479,4–481,4	3						
	481,4–483,4	8						
2	484,4–485,4	26	$-0,94 \div -0,20$	-0,3264	-0,0793	0,2471	24,7	0,0684
3	485,4–487,4	34	$-0,20 \div 0,54$	-0,0793	0,2054	0,2847	28,5	1,0614
4	487,4–489,4	18	$0,54 \div 1,28$	0,2054	0,3997	0,1943	19,4	0,1010
5	489,4–491,4	9	$1,28 \div \infty$ ($n_5=10$)	0,3997	0,5	0,1003	10,0	0
	491,4–493,4	1						

Таблица 3

Расчёт коэффициентов асимметрии и эксцесса для распределения результатов определения сопротивления резисторов

Класс	Интервал $x_j \div x_{j+1}$	\bar{x}_j	n_j	$\Delta x_j = \bar{x}_j - \bar{x}$	$n_j (\Delta x_j)^3$	$n_j (\Delta x_j)^4$
1	479,4–481,4	480,4	3	-5,5	-499,125	2745,1875
2	481,4–483,4	482,4	8	-3,5	-343	1200,5
3	484,4–485,4	484,4	26	-1,5	-87,75	131,625
4	485,4–487,4	486,4	34	0,5	4,25	2,125
5	487,4–489,4	488,4	18	2,5	281,25	703,125
6	489,4–491,4	490,4	9	4,5	820,125	3690,5625
7	491,4–493,4	492,4	1	6,5	274,625	1785,0625
Суммы	450,375	10258,1875				

$As = 0,326 < As(0,05,100) = 0,385,$
 $b_2(0,95,100) = 2,35 < 3,085 < b_2(0,05,100) = 3,77 \cdot$
 $Ek = -0,65$

Как видно из табл. 2, первые пять интервалов и последние два необходимо объединить, для выполнения условия $n_j > 5$, поэтому конечное число интервалов составляет $k=5$.

Сравнив полученное значение χ^2 -критерия с табличным значением

$$\chi^2 = 2,9066 < \chi^2(\alpha = 0,05, f = k - 3 = 2) = 5,99,$$

получили, что распределение подчиняется нормальному закону.

Определение отклонения распределения случайной величины x от нормального можно оценить с помощью коэффициентов асимметрии As и Ek , которые при строго нормальном распределении равны нулю. Если величина $As > 0$, распределение имеет положительную асимметрию (максимум распределения смещен влево), при $As < 0$ – отрицательную (максимум распределения смещен

вправо); если $Ek > 0$ – вершина распределения более заостренная по сравнению с нормальным распределением, а при $Ek < 0$ – более пологая. Результаты расчета коэффициентов асимметрии и эксцесса для распределения результатов измерений сопротивлений резисторов приведены в табл. 3.

Полученные значения коэффициентов асимметрии и эксцесса для распределения результатов определения сопротивления резисторов показали, что отличие экспериментального распределения результатов измерений сопротивления резисторов от нормального незначимо.

Список литературы

1. Смагунова А.Н. Методы математической статистики в аналитической химии / А.Н. Смагунова, О.М. Карпукова. – Иркутск: изд-во иркутского госуниверситета, 2008. – 340.