

ОРГАНИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПО КОЛИЧЕСТВЕННОМУ ПРИЗНАКУ

Калмыков В.В.¹, Антонюк Ф.И.¹, Зенкин Н.В.¹, Малышев Е.Н.¹

¹Калужский филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Россия (248600, Калуга, ул. Баженова, 2), e-mail:sorat-vad@yandex.ru

Решена практическая задача организации контроля качества продукции на основе статистических данных. Предложен подход к определению оптимального количества классов группирования для построения кривых распределения экспериментальных данных. Исследования проводились на основе статистических данных массы исходных заготовок для кузнечно-штамповочного производства. На примере выборочных статистических данных полученных по результатам измерений партии исходных заготовок построены кривые распределения. Руководствуясь распространенными методиками, определялось число интервалов для построения гистограмм. Оптимальное количество классов группирования при интервальных оценках позволяет избежать провалов и всплесков в кривых обусловленных случайным характером выборки. Это позволяет повысить надежность качественной оценки. Каждая кривая распределения проверялась по критерию согласия Пирсона. Рекомендована методика построения кривых распределения для наиболее точной оценки качества генеральной совокупности изготавливаемой продукции на машиностроительных предприятиях при выборочном контроле.

Ключевые слова: статистика, характер распределения, случайная величина, оптимизация, точность, качество.

ORGANIZATION A STATISTICAL ACCEPTANCE INSPECTION QUALITY PRODUCTS AT THE QUANTITATIVE TRAIT

Kalmykov V.V.¹, Antonyuk F.I.¹, Zenkin N.V.¹, Malyshev E.N.¹

¹Moscow State Technical University n.a.Bauman, Kaluga Branch, Russia (248600, Kaluga, street Bazhenova, 2), e-mail:sorat-vad@yandex.ru

Solved the practical problem of the organization of quality control based on statistical data. An approach to determining the optimal number of classes for the grouping construct the distribution curves of the experimental data. The studies were conducted on the basis of statistical data for the mass of initial billet forging and stamping production. On the example of selective statistical data obtained from measurements of the initial batch of blanks built distribution curves. Guided by common methods, we determined the number of intervals for the histogram. The optimal number of classes at the grouping interval estimation avoids dips and surges in the curves due to the random nature of the sample. This helps improve the reliability of quality assessment. Each distribution curve was checked by Pearson's chi-squared test. Recommended method of construction of the distribution curves for the most accurate assessment of the quality of the manufactured products with the general population on the machine-building enterprises in the selective control.

Keywords: statistics, distribution pattern, a random variable, optimization, accuracy and quality.

Приёмочный статистический контроль продукции широко распространён среди предприятий, руководствующихся в своей деятельности стандартами серии ИСО 9000. Он основан на случайном отборе для контроля определённой части продукции, что позволяет значительно сократить время и расходы на выполнение контрольных мероприятий[1].

Контроль по количественному признаку подразумевает определение значений контролируемых параметров продукции, а контроль по альтернативному признаку основан на установлении годности продукции, прошедшей контроль. Контроль по количественному признаку позволяет получить более детальную и объективную информацию и провести более тщательный анализ действующих на предприятии процессов.

План статистического (выборочного) контроля должен включать размер партии изделий (генеральная совокупность), подлежащих передаче потребителю, и размер выборки, на основании контроля которой делается вывод о годности/негодности генеральной совокупности. Принимается, что распределение параметров изделий в выборке отражает распределение параметров изделий, образующих генеральную совокупность.

На практике для анализа процессов предпочитают пользоваться нормальным законом распределения, который является предельным законом для других законов распределения. В то же время опыт построения гистограмм (кривых) распределения показывает, что соответствие распределений, построенных по экспериментальным данным, нормальному закону распределения в значительной степени зависит от принятого количества числа классов группирования данных.

Основные методы расчета оптимального количества классов группирования

Для построения кривых распределения случайных величин существует несколько подходов определения оптимального числа m классов группирования. Наиболее широко распространены предложенные Старджесом, Бруксом и Каррузенем, Хайнхольдом, Гаеде и др. [4]. Для определения характера распределения выборка должна быть представлена в форме гистограммы состоящей из столбцов с определенной протяженностью соответствующих им интервалов.

По мнению М. Кендалла и А. Стюарта [3] эти интервалы должны быть одинаковыми. Это необходимо для того, чтобы количество попаданий в различные интервалы были сравнимы. А. Хальд [5] считает, что существует оптимальное количество класс-интервалов группирования, при котором ступенчатая огибающая гистограммы наиболее близка к плавной кривой распределения генеральной совокупности.

Исходя из предположения, что генеральная совокупность, из которой взята исследуемая выборка, имеет гладкую кривую распределения, следует, что появляющиеся при группировании провалы и всплески являются случайным «шумом» порождаемым случайностью попадания значений X_i в малую выборку [4]. Для фильтрации этого «шума» укрупняют интервалы группирования. Однако чрезмерное укрупнение класс-интервалов приведет уже к фильтрации самого «сигнала», т.е. сгладятся особенности искомого закона распределения.

Современные успешные предприятия с сертифицированной системой менеджмента качества руководствующиеся стандартами ИСО 9000 осуществляют оценку качества продукции при передаче потребителю на основе выборочного контроля.

ОАО «НПП «ТиМОД-Пресс» (г. Калуга) производит исходные заготовки для кузнечно-штамповочного производства. Продукция передается потребителю партиями по 500 штук.

Для выборочного контроля предоставляется 80 штук. Результаты измерений массы заготовок из выборки приведены в таблице 1.

Табл. 1. Масса исходных заготовок X_i , кг

17,37	17,06	16,96	16,83	17,34
17,45	17,60	17,30	17,02	16,73
17,08	17,28	17,08	17,21	17,29
17,47	16,84	17,39	16,95	16,92
17,59	17,28	17,31	17,25	17,43
17,30	17,18	17,26	17,19	17,09
16,61	17,16	17,17	17,06	17,09
16,83	17,17	17,06	17,59	17,37
17,09	16,94	16,76	16,98	16,70
17,27	17,48	17,21	16,74	17,12
17,33	17,15	17,56	17,45	17,49
16,94	17,28	17,09	17,39	17,05
16,97	17,16	17,38	17,23	16,87
16,84	16,94	16,90	17,27	16,93
17,25	16,85	17,41	17,37	17,50
17,13	17,16	17,05	16,68	17,56

В данной работе решается задача экспериментального определения оптимального числа класс-интервалов m , а также определение кривой, характер которой наиболее близко соответствует нормальному закону распределения с учетом указанных выше условий.

Построение выборочных кривых распределения

В исследованиях использованы исходные заготовки, изготовленные резанием из проката для кузнечно-штамповочного производства. Из пятисот заготовок случайным образом было отобрано 80 штук и измерена их масса (табл.1). К заготовкам предъявляется требование по массе: $m = 17_{-0,4}^{+0,6}$ кг.

Среднее арифметическое значение массы заготовок:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 17,156 \text{ кг,}$$

где $n=80$ – объём выборки,

X_i – массы исходных заготовок в выборке, $i=1, \dots, n$.

Выборочное стандартное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n - 1}} = 0,238$$

Определение количества классов группирования определялось по следующим методикам:

1. По формуле Старджеса[4]:

$$m = 3,3 \lg n + 1$$

Произведя вычисления для представленной выборки получим:

$$m = 3,3 \lg 80 + 1 = 7,27.$$

Гистограмма из семи столбцов с огибающей кривой представлена на рис.1.

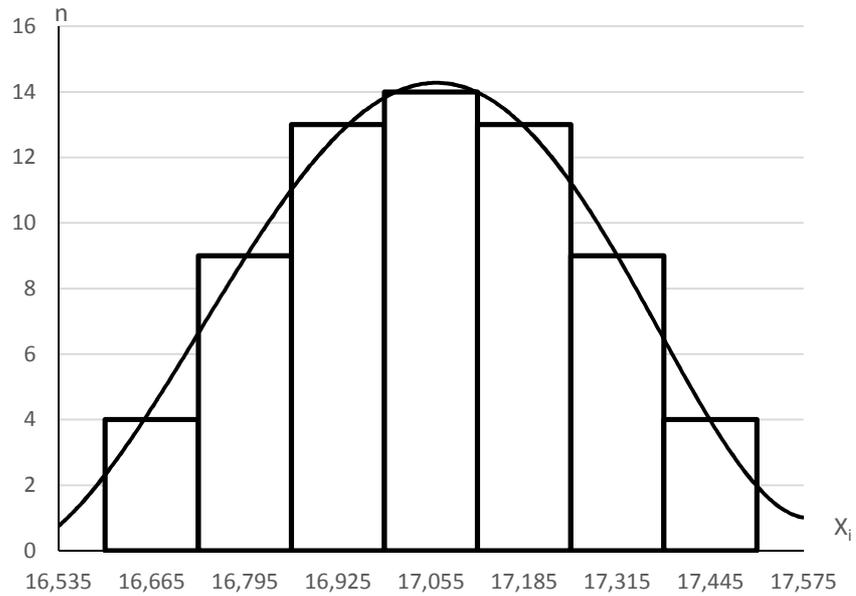


Рис. 1. Кривая распределения выборки при $m = 7$

2. По формуле Брукса и Каррузера[4]:

$$m = 5 \lg n.$$

Для рассматриваемой выборки:

$$m = 5 \lg 80 = 9,5 \approx 10.$$

В этом случае теоретическая кривая распределения представлена на рис.2

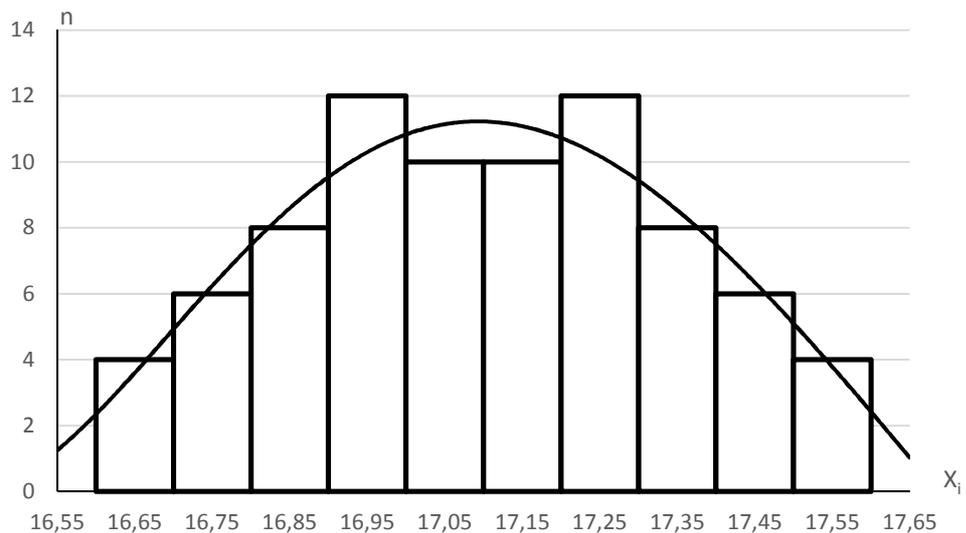


Рис. 2. Кривая распределения выборки при $m = 10$

3. По формуле И. Хайнхольда и К. Гаеде[4]:

$$m = \sqrt{n}.$$

Количество интервалов группирования:

$$m = \sqrt{80} = 8,9 \approx 9.$$

Теоретическая кривая нормального распределения, соответствующая девяти класс-интервалам, представлена на рис.3.

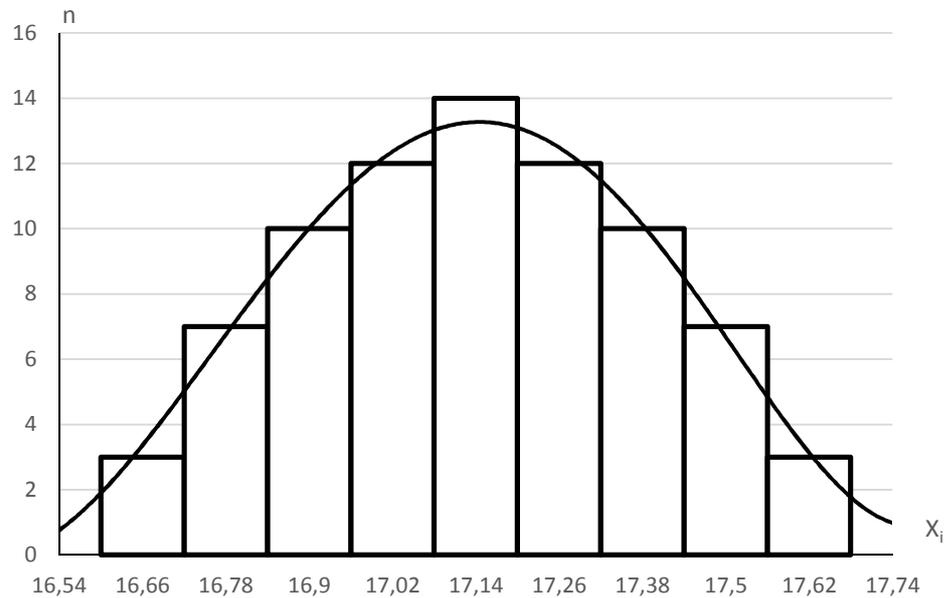


Рис. 3. Кривая распределения выборки при $m = 9$

4. По формуле З. Таушанова[4]:

$$m = 4 \lg n.$$

В результате расчета получится:

$$m = 4 \lg 80 \approx 8.$$

Характер огибающей гистограммы аналогичен представленной на рис.1.

5. По формуле Е. Тоневой [4]:

$$m = 5 \lg \frac{n}{10}.$$

При $n = 80$:

$$m = 5 \lg 8 = 4,5 \approx 5.$$

Полученная гистограмма с теоретической кривой распределения представлена на рис.4.

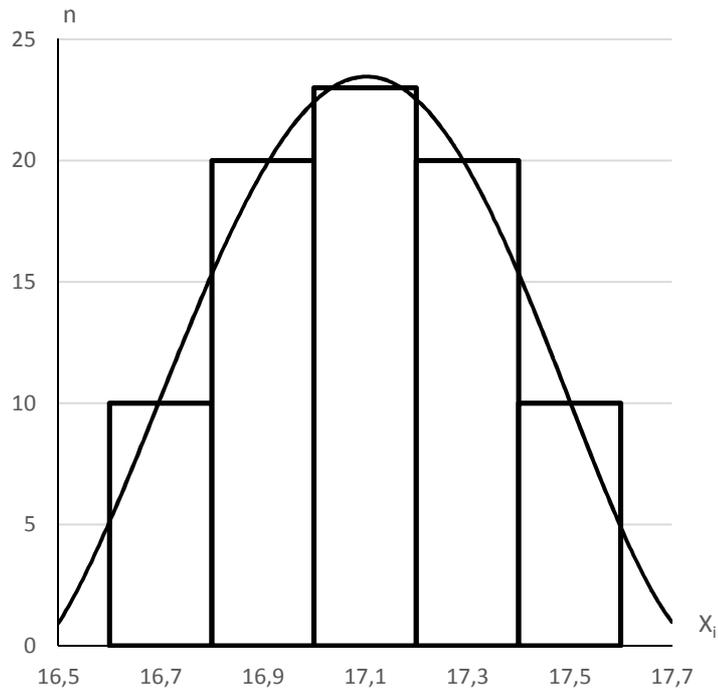


Рис. 4. Кривая распределения выборки при $m = 5$

б. По формуле К. Уильямса[4]:

$$m \leq b \left[\frac{\sqrt{2}(n-1)}{t_1+t_2} \right]^{0,4},$$

где t_1 и t_2 – некоторые задаваемые квантили, а b – принимается между 2 и 4.

Так при $b = 4$ и $t_1 + t_2 = 1,65$ принимается:

$$m \approx 21.$$

Характер кривой представлен на рис.5.

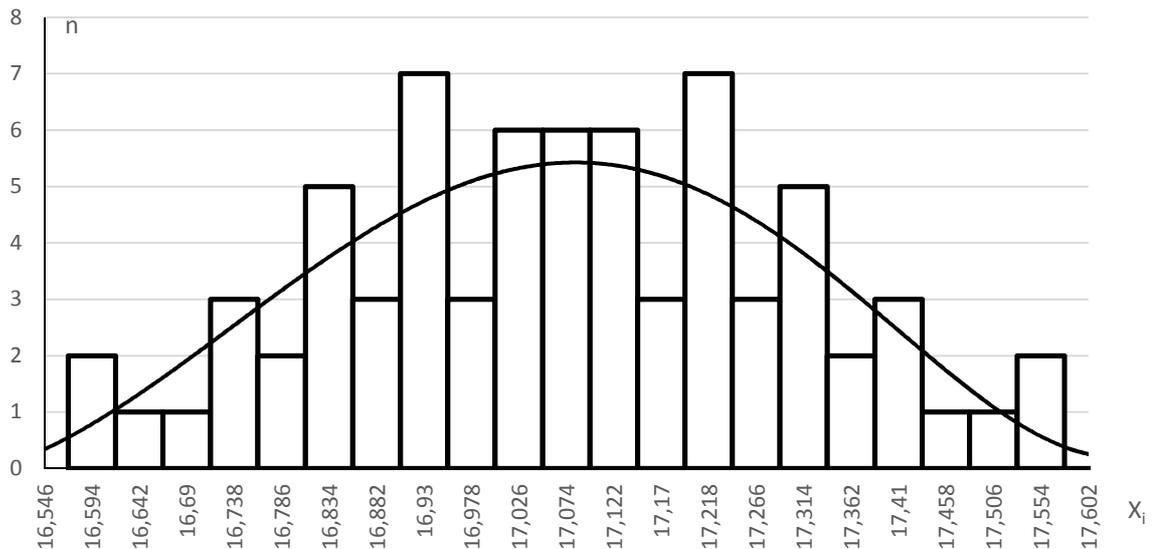


Рис. 5. Кривая распределения выборки при $m = 21$

Рекомендуемым способом оценки близости распределения выборки экспериментальных данных к принятой аналитической модели закона распределения является использование

критериев согласия [2,4]. Критерий χ^2 Пирсона позволяет произвести сравнение моделей в том случае, когда в них используется разное количество класс-интервалов (столбцов). Использование критерия согласия Пирсона заключается в вычислении величины:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^m \frac{(E_j - M_j)^2}{M_j}.$$

где E_j – экспериментальные значения частот (n_j); M_j – значения частот в том же столбце, соответствующее выбранной модели; m – число столбцов гистограммы.

Первой теоретической кривой (рис.1.) соответствует критерий χ_1^2 , второй (рис.2.) – χ_2^2 , третьей (рис.3.) – χ_3^2 , четвертой (рис.1.) – χ_4^2 , пятой (рис.4.) – χ_5^2 , шестой (рис.5.) – χ_6^2 .

Критерии согласия Пирсона соответствующие каждой из рассмотренных методик равны:

$$\chi_1^2 = 1,165; \chi_2^2 = 4,291; \chi_3^2 = 0,963; \chi_4^2 = 3,78; \chi_5^2 = 13,8; \chi_6^2 = 1,91.$$

Заключение

Исходя из численных значений критерия Пирсона, можно заключить, что при минимальной величине критерия наблюдается наименьшая разница между кривой характеризующей генеральную совокупность и выборку. Теоретической кривой Гаусса ближе характер распределения при разбиении по методике И. Хайнхольда и К. Гаеде. Дальнейшее увеличение интервалов приводит к меньшему соответствию характеру нормального распределения.

В ходе выполненных исследований проведен обстоятельный сравнительный анализ различных вариантов определения оптимального количества классов группирования экспериментальных данных при интервальных оценках в решении практической производственной задачи – организации выборочного контроля при передаче продукции потребителю. Такой подход может найти применение подобных задач на предприятиях машиностроения, работающих в соответствии со стандартами серии ИСО 9000.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 2859-10-2008 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. М.: Стандартинформ, 2009. 23с.
2. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598с.
3. Кендалл М., Стюард А. Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973. 542с.
4. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1991. 304 с.
5. Халь А. Математическая статистика с техническими приложениями. М.: Издательство иностранная литература. 1956. 642с.

Рецензенты:

Астахов М.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Прикладная механика», Калужский филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», г. Калуга.

Шаталов В.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технологии обработки материалов», Калужский филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», г. Калуга.