УДК 62-50

©Ламнауэр Н.Ю.

ОБОБЩЕННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

1. Постановка проблемы и ее связь с важными научными и практическими заданиями

При проектировании технологических процессов сборки важное место занимают контроль качества производимой продукции. Качество измеряется с помощью системы показателей, характеризующих степень удовлетворения конкретной потребности.

Оценка качества производится на основе системы показателей, которые объединяются в группы. Показатели качества могут иметь размерность (причём различные показатели имеют разную размерность) или быть безразмерными.

Для того, чтобы привести показатели качества к общей безразмерной единице измерения в относительных величинах Харринтон [1] для оценки качества показателя применил асимптотическое распределение первого типа [2]. Считая, что полученные значения, которые получаются с помощью экспертных оценок интервалов изменения показателя качества, явно завышены. Это нормализованное распределение не имеет параметров. Поэтому возможен достаточно простой переход от значения показателя к вероятности, определяемой качество показателя.

2. Анализ последних исследований и публикаций

В работах, использующих обобщённый показатель качества [1, 3] и в других, за обобщённый показатель качества принимают средневзвешенное арифметическое, средневзвешенное геометрическое, или средневзвешенное гармоническое показателей качества. По мнению Я.Б. Шора, указанные три варианта формул в определённом смысле эквивалентны [4]. Главный недостаток этих обобщённых показателей качества - использование так называемых коэффициентов весомости, определяемых экспертным путём, которые со временем явно меняются.

Обобщённый показатель качества необходим проектировщикам изделий, по которым ещё отмечаются отставания в качестве изделия. Поэтому, как считает Я. Б. Шор, даже при одном каком-нибудь неудовлетворительном показателе, обобщённый показатель качества должен считается неудовлетворительным [4].

3. Результаты исследований

Опираясь на вышеизложенное делаем вывод, что и для сборочного производства детали или изделия обобщённый показатель качества изделия должен быть не больше показателя качества сборочной единицы.

Поэтому будем считать, что обобщённый показатель качества изделия имеет вид:

$$K_{C} = \min\left(K_1, K_2, \ldots, K_n\right),$$

где $K_1, K_2, ..., K_n$ – показатели качества n сборочных единиц.

Очевидно, что обобщённый показатель качества изделия совпадает с одним из качеств, причём это совпадение имеет определённую вероятность, т. е. имеет место дискретного распределения качества изделия состоящего из качества сборочных единиц.

Для улучшения качества сборки изделия нам нужно уметь не только увеличивать показатели качества сборочных единиц, но и уметь организовать сборку так, чтобы качество изделия, определяемое через обобщённый показатель качества, было наибольшим. Данное наибольшее качество изделия можно получить за счёт дополнительной информации.

Если будет произведена сборка $m+1$ изделия, состоящего из n сборочных единиц, то можно считать, что у сборочных единиц показатели качества различные. То есть, не зная их, мы считаем, что они образуют вариационный ряд

$$K_{(1)} \le K_{(2)} \le \ldots \le K_{(nm+n)}$$

В таком порядочном ряду i-й по порядку член назовём i-м порядковым показателем качества сборочной единицы. Будем считать, что показатель качества сборочной единицы с одинаковой сборочной вероятностью может оказаться в любом изделии. Тогда обобщённый показатель качества изделия имеет своё дискретное распределение со значениями $K_{(mn+1-i)}$, где $i = 0,1,\ldots,m(n-1)$ и с соответствующей вероятностью, найденной с помощью комбинаторного анализа и метода математической индукции

$$P(K_{(mn+1-i)}) = C^{i}_{n+i-1} \cdot \left(\sum_{j=0}^{m(n-1)} C^{j}_{n+j-1} \right)^{-1} \qquad (1)$$

Здесь наименьшее значение обобщённого показателя качества изделия K_{m+1}, а наибольшее $K_{m\cdot n+1}$ и для сборки одного изделия обобщённый показатель качества равен K_1 с вероятностью равной единицы.

Пользуясь (1) можно получить ожидаемый наибольший обобщённый показатель качества изделия

$$\bar{K}_n = \left(\sum_{i=0}^{m\ n-1} K_{m\cdot n+1-i} \cdot C^{i}_{n+i-1} \right) \cdot \left(\sum_{j=0}^{m\ n-1} C^{j}_{n+j-1} \right)^{-1}$$

Получение данного наибольшего обобщённого показателя качества изделия может наглядно быть представлено в виде структурной схемы, работа которой определяется наибольшей надёжностью последовательного звена. Это схема параллельно-последовательных соединений однотипных элементов (см. рис. 1).

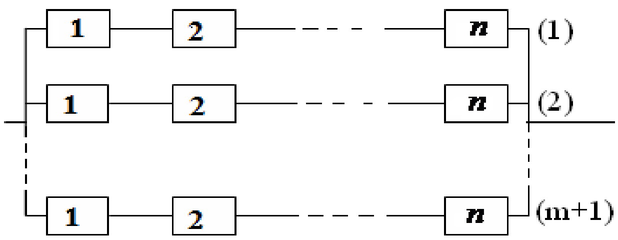

Рис. 1 – Структурная схема с параллельно-последовательным соединением элементов

Операция упорядочения показателя качества изделия сделала возможным оценивать обобщённый показатель качества изделия. Так как число реализации выборки $n\cdot\ m+1\ $!, а все реализации равновероятны, то энтропия в этом случае $\log_2(n\cdot(m+1))!$. В нашем случае в результате поступления информации энтропия системы убывает, причём изменение энтропии равно количеству поступившей информации.

Если произвести увеличение информации за счёт знания порядка показателя качества для каждой сборочной единицы, то есть будем производить сборку изделия, взяв из $m+1$ сборочной единицы только ту, у которой комплексный показатель качества наибольший. В этом случае мы получаем изделие с наибольшим обобщённым качеством.

Получение данного наибольшего обобщённого показателя качества изделия может наглядно быть представлено в виде структурной схемы, надёжность которой увеличена за счёт раздельного дублирования. То есть, имеем схему раздельного дублирования n однотипных элементов $m+1$ элементами (см. рис. 2.).

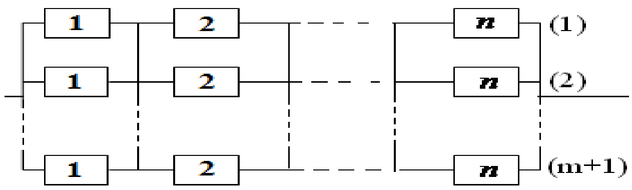

Рис. 2 – Структурная схема раздельного дублирования n элементов $m+1$ элементами

Рассмотрим случай, когда собираются два изделия, т. е. $\mathrm{m}=1$. Из комбинаторного анализа и полученного тождества

$$\sum_{j=0}^{n-1} C_{n+j-1}^{j} = 2^{n+1} + \sum_{j=0}^{n-2} 2^{n-2-j}(C_{n+j}^{j+1} - C_{n+j}^{j})$$

имеем, что наибольший обобщённый показатель качества изделия имеет своё дискретное распределение со значениями $K_{(n+1-i)}$, где $i=0,1,\ldots,n-1.$ и с соответствующей вероятностью, найденной с помощью комбинаторного анализа

$$P(K_{(n+1-i)}) = \begin{cases} 2^{n-1}\left(\sum\limits_{j=0}^{n-1} C_{n+j-1}^{j}\right)^{-1}, & i=0, \\ 2^{n-1-i}\ \ C_{n+i-1}^{i} - C_{n+i-1}^{i-1}\ \ \left(\sum\limits_{j=0}^{n-1} C_{n+j-1}^{j}\right)^{-1}. & \end{cases} \qquad (2)$$

Сравним на примере два этих вида сборки изделия для $n=4$ сборочных единиц и $m=1$, т. е. из двух сборочных единиц выбирается единица с большим параметром качества.

Имеем распределение наибольшего обобщенного качества изделия по формуле (1)

$K_{(i)}$	$K_{(2)}$	$K_{(3)}$	$K_{(4)}$	$K_{(5)}$
p_i	20/35	10/35	4/35	1/35

Для формулы (2) имеющую схему раздельного выбора параметров качества по сборочным единицам распределение наибольшего обобщенного качества изделия имеет вид:

K(i)	K(2)	K(3)	K(4)	K(5)
pi	5/35	10/35	12/35	8/35

Из данного примера видно, что сборка для упорядоченных значений качества по сборочным единицам может привести к изделию с наибольшим введенным обобщённым показателем качества.

Если известны законы распределения независимых n показателей качества сборочных единиц $K_1, K_2, ..., K_n$ с плотностями $f_1\ \ k_1\ \ , f_2\ \ k_2\ \ , ...\ f_n\ \ k_n\ \ ,$ то модель обобщенного качества изделия имеет вид:

$$g\ \ k_{(1)}\ \ = \sum_{j=1}^{n} \frac{f_j\ \ k_j}{1-F_j\ \ k_j} \prod_{i=1}^{n} \left[1-F_i\ \ k_i\ \ \right] \qquad (3)$$

и функция распределения величины K_1

$$G\ \ k_{(1)}\ \ =1-\prod_{i=1}^{n}\left[1-F_i\ \ k_i\ \ \right],$$

где $F_i(k_i)$ – функция распределения случайной величины K_i.

Так как законы распределения независимых n показателей качества сборочных единиц $K_1, K_2, ..., K_n$ найти практически в настоящий момент достаточно сложно, то нужно искать методы сборки, чтобы сборочные единицы имели наибольшие значения качества. Таким методом может служить такой метод для измеряемых сборочных единиц, который предполагает, что нужно взять несколько r изделий некоторой сборочной единицы и замерить их. Затем найти то изделие, которое будет ближе к номинальному размеру, а остальные изделия вернуть в накопитель этой сборочной единицы. Причём это нужно сделать по каждой сборочной единице и продолжать сборку предложенным методом. Проделанный анализ данного метода для различных распределений качества показал, что при $r=5$ в среднем разброс размеров уменьшается больше, чем в два раза. Так, например, по данному методу для нормированного нормального распределения, где номинальный размер совпадает с математическим ожиданием этого распределения, дисперсия размеров сборочной единицы определяется по формуле [5].

$$d_r = r\left(\frac{1}{2\pi}\right)^{r/2}\int_0^{\infty} x^2 e^{-\frac{x^2}{2}}\left(\int_x^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}}dz\right)^{r-1} dx\,, \qquad (5)$$

где на самом деле

$$d_5 = 1-\frac{20}{\pi}+\frac{240}{\pi^2\sqrt{3}}\left(\mathrm{arc}tg\sqrt{\frac{5}{3}}-\frac{\pi}{6}\right),$$

а не то выражение, которое приведено в [5].

$$\lim_{r\to\infty} d_r \approx \frac{\pi}{r^2}.$$

Если выборка объёма r произведена из равномерного закона распределения с единичной дисперсией и выбрано то - значение, которое ближе всего к истинному среднему, то дисперсия выбранных значений имеет вид:

$$d_r = \frac{6}{r+1 \quad r+2}\,. \tag{6}$$

Для распределения Симпсона при таких же условиях, эта дисперсия равна

$$d_r = \frac{6}{2r+1 \quad r+1}\,. \tag{7}$$

Так как для различных квалитетов точности изготовления изделий в машиностроении применяются эти три закона [6], то для такого параметра качества, как точность сборки изделия, можно утверждать, что данный метод сборки изделий на основании формул (5), (6) и (7) даёт высокое обобщённое качество изделия.

Список использованных источников:

1. Harrington E. C. // Chem. Engng. Progr. – 1963. – Vol. 59. – P. 132–147.

2. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений / Э. Гумбель. – М.: Мир, 1965. – 450 с.

3. Коуден Д. Статистические методы контроля качества / Д. Колден ; пер.с англ. ; под ред. Б. Р. Левина. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1961. – 624 с.

4. Шор Я. Б. Методы комплексной оценки качества продукции / Я. Б. Щор. – М. : Знание, 1971. – 57 с.

5. Кендалл М. Теория распределений / М. Кендалл, А. Стьюарт ; пер. с англ. ; под ред. А. Н. Колмогорова. – М.: Наука, 1966. – 588 с.

6. Маталин А. А. Технология машиностроения: учеб. для машиностроит. вузов по спец. «Технология, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.

Ламнауэр Н.Ю. «Обобщенный показатель качества изделия».

Приняв за обобщённый показатель качества сборки изделий минимальное качество сборочных единиц, рассматриваются методы сборки для упорядоченных по качеству сборочных единиц. На основании проведенного статистического анализа и полученных формул для величин ошибок,

предлагается метод сборки измеряемых сборочных единиц, который значительно увеличивает качество изделия.

Ключевые слова: качество, сборка, обобщенный показатель качества, статистический анализ.

Ламнауер Н.Ю. «Узагальнений показник якості виробу».

Прийнявши за узагальнений показник якості складання виробів мінімальну якість складальних одиниць, розглядаються методи складання для упорядкованих за якістю одиниць. На основі статистичного аналізу та отриманих формул для величин похибок, пропонується метод складання, який значно збільшує якість виробу.

Ключові слова: якість, складання, узагальнений показник якості, статистичний аналіз.

Lamnauer N.Y. "Indicators of quality products». Accepted indicators of quality for products making minimal quality assembly units are considered techniques for the quality of the ordered items. Based on statistical analysis and derived formulas for the values of errors, the method of preparation, which significantly increases the quality of the product.

Key words: quality, assembly, overall index of quality, statistical analysis.

Стаття надійшла до редакції 25 листопада 2010 р.