УДК 621.758.001

©Черкашина О.С., Коробко С.И., Трищ Р.М.

РАСЧЕТ СБОРОЧНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Постановка проблемы

Развитие промышленности в последние десятилетие характеризуется значительным повышением внимания производителей и потребителей к качеству промышленной продукции. Выпуск продукции высокого качества рассматривается теперь во всех странах мира как одно из важнейших условий развития национальной экономики, от которого зависят темпы промышленного развития страны, эффективность использования трудовых ресурсов, успехи внешней торговли и национальный престиж страны на международном уровне.

Перед тем как любое изделие будет направлено для изготовления на производство и дальнейшую эксплуатацию, должен быть выполнен большой объём подготовительных работ связанных, в частности, с технологической подготовкой производства. В основу технологической подготовки производства входит размерный анализ, который позволяет обеспечить качество и технологичность изделий, их элементов [1].

К размерному анализу относится такой вопрос, как выбор вида сборки по уровню взаимозаменяемости, обеспечение заданных значений выходных характеристик изделия.

Наиболее распространенным методом сборки является метод неполной взаимозаменяемости, который обеспечивается расчетом размерных цепей по методу, основанному на теории вероятностей. Достоинством этого метода является то, что его использование позволяет значительно расширить допуски на составляющие звенья размерной цепи. Недостатком – при расчете используются состоятельные смещенные оценки, что влияет на правильность получения результата.

2. Анализ исследований

Для того чтобы при расчетах погрешностей замыкающего звена можно было бы учесть любой закон распределения составляющих звеньев, А.Н. Бородачев предложил ввести коэффициент относительного рассеивания K_i, который характеризует степень отличия распределения погрешностей i-го звена от нормального распределения, и коэффициент относительной асимметрии α_i, выражающий смещение центра рассеяния относительно середины поля допуска. В работе [2] был рассмотрен такой вопрос как использование коэффициентов относительного рассеяния K и относительной асимметрии α для расчета сборочной размерной цепи при нормальном закона распределения.

Систематизация, анализ и математическая обработка этих данных позволило составить таблицу значений коэффициентов K и α для равномерного закона распределения случайных величин (см. табл.1).

3. Постановка цели статьи

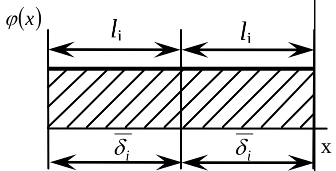
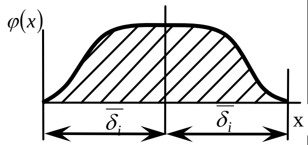
Целью статьи является получения состоятельных несмещенных оценок для расчета сборочных размерных цепей в условиях высокоточного производства.

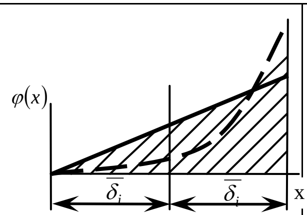
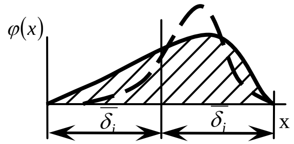
4. Изложение основного материала

Никакой ограниченный статистический материал не позволяет точно определить вероятностные характеристики качества. Вместо этого с помощью такого материала можно найти статистические характеристики (оценки параметров), т. е. функции от наблюдаемых величин, которые должны давать достаточно хорошие (в смысле заданного критерия) приближения истинного параметра. Данные оценки должны быть состоятельными, несмещенными и эффективными.

Известно, что оценка называется состоятельной, если вероятность отклонения ее оцениваемого параметра на величину, меньшую как угодно

Таблица 1 – Значения коэффициентов относительного рассеяния и относительной асимметрии при равномерном законе распределения

Тип	Характеристика закона распределения	Эскиз кривой распределения	Параметры кривой распределения			Коэффициенты		Примечание
						α_i	K_i	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	Закон равной вероятности (равномерное распределение)		-	-	-	0	1,73	-
VI	Композиция закона Гаусса и закона равной вероятности		$l/3\delta$ 2/3 1 2 3	-	-	0 0 0 0	1,10 1,19 1,38 1,49	l и 3δ - параметры составляющих законов

VII VIIA	Равномерно (-) или ускоренно (----) возрастающее распределение		n 2 3 5	-	-	+0,33 +0,50 +0,67	1,41 1,16 0,85	n - показатель степени аппроксимирующей параболы $x = f(t)$
VIII VIIIA	Композиция закона Гаусса и равномерно (-) или ускоренно (---) возрастающего распределения		n 2 2 5 5	$l/3\delta$ 1 3 1 3	-	+0,19 +0,29 +0,45 +0,63	1,03 1,21 0,77 0,75	-

малого положительного числа ε, стремится к единице при неограниченном увеличении числа n наблюдений, т.е.

$$P[|\theta' - \theta| < \varepsilon] \to 1 \text{ при } \varepsilon > 0 \text{ и } n \to 1,$$

где θ - некоторый параметр генеральной совокупности;

θ' - оценка этого параметра.

Оценка называется несмещенной, т.е. в ней отсутствуют систематические погрешности, если математическое ожидание этой оценки равно оцениваемому параметру $M\theta' = \theta$.

Эффективной является оценка, у которой дисперсия будет наименьшей относительно θ.

Известно, что для определения коэффициента относительного рассеяния *K* используется формула

$$K_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_H}, \qquad (1)$$

где λ_i - коэффициент относительного среднеквадратического отклонения i-го звена;

λ_H - коэффициент относительного среднеквадратического отклонения звена, рассеяние которого подчинено нормальному закону. Данные коэффициенты можно определить

$$\lambda = \frac{2\sigma}{T}, \qquad (2)$$

где *T* – поле рассеивания.

В условиях высокоточного производства рассеяние отклонений звеньев размерной цепи подчиняется закону равной вероятности. Изза сложности получения размеров высокой точности вероятности попадания размера заготовки в узкие допуска становится одинаковой. Для данного закона рассеивание отклонений звеньев при 6-м и точнее квалитетах точности, с функцией плотности:

$$f(x) = \frac{1}{\theta_2};\ \theta_1 - \frac{1}{2}\theta_2 \le x \le \theta_1 + \frac{1}{2}\theta_2, \quad (3)$$

где θ_1 - математическое ожидание и θ_2 - размах в [3], применяется оценка поля рассеивания параметров качества

$$Q_1 = 2\sqrt{3} \cdot S\,. \quad (4)$$

Здесь S=$\sqrt{\frac{n}{n-1}}$ σ^* - эмпирический стандарт.

Она является состоятельной и смещенной, а смещение происходит в сторону уменьшения истинного значения, и оно уменьшается с ростом n. Это смещение в среднем составляет, для равномерной модели распределения при n = 5 - 4%, при n = 10 – 1,5%, и при n = 50 – 0,4%.

Если применить данную оценку для определения коэффициента относительного среднеквадратического отклонения звена, то получим

$$\lambda_1 = \frac{2\sigma}{2\sqrt{3}S} = \frac{\sigma}{\sqrt{3}S}\,. \quad (5)$$

В соответствии с методом Ллойда по способу наименьших квадратов, А. Сарханом и Б. Гринбергом найдены оптимальные линейные несмещенные оценки для равномерной модели распределения [4]:

$$Q_2 = \frac{n+1}{n-1}(X_{(n)} - X_{(1)}), \qquad (6)$$

$$Q_3 = \frac{1}{2}(X_{(n)} + X_{(1)}), \qquad (7)$$

которые представляют собой функции только экстремальных значений выборки.

Тогда

$$\lambda_2 = \frac{2\sigma(n-1)}{(n+1)(X_{(n)} + X_{(1)})}, \qquad (8)$$

$$\lambda_3 = \frac{4\sigma}{X_{(n)} + X_{(1)}}. \qquad (9)$$

В зависимости от номинального размера звена размерной цепи и квалитета при использовании оценки Q_1, был найден коэффициент относительного среднеквадратического отклонения. Данный коэффициент имеет одинаковое значение при различных номинальных размерах (до 3150мм) и квалитетах (IT1 – IT7), что показано на фрагменте таблицы 2.

Таблица 2 – Числовые значения коэффициента относительного среднеквадратического отклонения для номинальных размеров до 3150 мм

Номинальный размер, мм		Квалитеты						
от	до	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
-	3	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
3	6	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
6	10	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
10	18	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
18	30	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
30	50	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
50	80	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
80	120	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
120	180	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
180	250	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
250	315	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
315	400	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
400	500	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627
500	630	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627	0,5627

Чтобы исследовать изменение величины λ, используя оценки Q_1, Q_2, определили данный коэффициент при различных объемах выборки n.

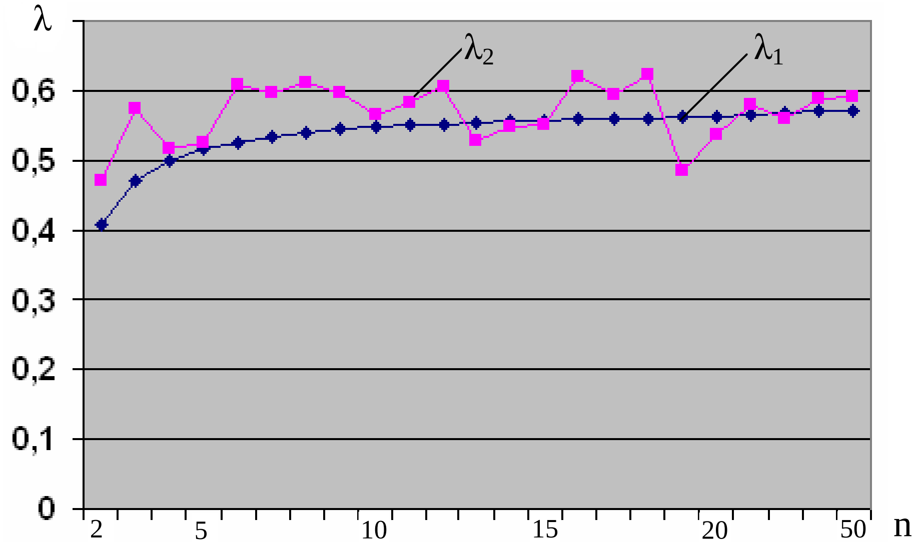


Рис. 1 – Зависимость величины λ_1 и λ_2 от объема выборки n

С учетом оценок Q_1, Q_2 и выборки объема для равномерного закона распределения составлена табл. 3 и рис. 1.

Таблица 3 – Величина коэффициента относительного среднеквадратического отклонения для равномерного закона распределения

n	λ_1	λ_2	n	λ_1	λ_2	n	λ_1	λ_2
2	0,408248	0,4714045	**10**	0,547723	0,565903	**18**	0,561084	0,623119
3	0,471405	0,573178	**11**	0,550482	0,58391	**19**	0,561951	0,486681
4	0,5	0,517353	**12**	0,552771	0,604852	**20**	0,562731	0,537042
5	0,516398	0,524864	**13**	0,5547	0,529836	**25**	0,565685	0,580319
6	0,527046	0,607493	**14**	0,556349	0,549732	**30**	0,567646	0,559757
7	0,534522	0,597461	**15**	0,557773	0,551229	**40**	0,570088	0,588408
8	0,540062	0,612641	**16**	0,559017	0,619109	**50**	0,571548	0,590713
9	0,544331	0,596138	**17**	0,560112	0,594753			

В [4] было показано, что для равномерного распределения экстремальные значения $X_{(1)}$ и $X_{(n)}$ есть достаточные статистики. Поэтому оценка Q_2 оказывается наилучшей не только среди линейных несмещенных оценок, но среди всех возможных.

Выводы

При расчете размерных цепей, где используется равномерный закон распределения, должна использоваться несмещенная оценка Q_2. Предлагается таблица для определения коэффициента относительного среднеквадратического отклонения при равномерном законе распределения в зависимости от объема выборки n и оценок Q_1 и Q_2.

Список использованных источников

1. Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев, М. М. Тверской, Ф. И. Бойков [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 264 с.

2. Черкашина О.С. Стандартизация расчета сборочных размерных цепей в машиностроении путем вероятностного суммирования / О. С. Черкашина, С. И. Коробко, Р. М. Трищ // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008, – №6/6 (36). – С.24–28.

3. Маталин А.А. Технология машиностроения : учеб. для вузов по спец. "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 512 с.

4. Введение в теорию порядковых статистик : под ред. А. Я. Боярского. – М.: Статистика, 1970. – 416 с.

Черкашина О.С., Коробко С.И., Трищ Р.М. «Расчет сборочных размерных цепей в условиях высокоточного производства».

В статье рассмотрены вопросы, связанные с применением несмещенных статистических оценок для расчета размерных цепей. Рассмотрены статистические характеристики данных оценок. Составлена таблица для определения коэффициента относительного среднеквадратического отклонения звеньев размерной цепи.

Ключевые слова: размерная цепь; замыкающее звено; коэффициент относительного рассеяния; закон распределения; оценка качества; погрешность; статистическая характеристика.

Черкашина О.С., Коробко С.І., Тріщ Р.М. «Розрахунок складальних розмірних ланцюгів в умовах точного виробництва».

У статті розглянуто питання пов’язані з застосуванням незсуненими статистичними оцінками для розрахунку розмірних ланцюгів. Розглянуто статистичні характеристики даних оцінок. Складено таблицю для визначення коефіцієнта відносного середньоквадратичного відхилення ланки розмірного ланцюга.

Ключові слова: розмірний ланцюг; ланка, що замикає; коефіцієнт відносного розсіювання; закон розподілу; оцінка якості; похибка; статистична характеристика.

Chercashina O., Korobko S., Trisch R. «Calculation of assembling size chains in the conditions of high-fidelity production».

The questions linked with the use of the undisplaced statistical estimations for the calculation of size chains are considered in the article. Statistical descriptions of these estimations are considered. A table for determination of relatives coefficient of root-mean-square declination of links size chain is made.

Key words: dimensional chain; closing link; the coefficient of relative dispersion; the distribution; quality assessment; error; statistical characteristics.

Стаття надійшла до редакції 11 лютого 2009 р.