

УДК 621.753.1/2(035)

Мартынов А.П., Трищ Р.М.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ В МЕЛКОСЕРИЙНОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Для оценки качества технологических процессов механической обработки в машиностроении при серийном производстве предлагается применять приведенные отклонения, что позволит увеличить количество статистической информации и даст возможность определить закон распределения погрешностей изготовления, как случайной величины.

Для оцінки якості технологічних процесів механічної обробки в машинобудуванні при серійному виробництві пропонується застосовувати приведені відхилення, що дозволить збільшити кількість статистичної інформації і дасть можливість визначити закон розподілу похибок виготовлення, як випадкової величини.

Качество, приведенное отклонение, мелкосерийное производство, кинсервативная и оперативная информация, отклонение.

Уровень качества продукции и услуг национального производителя существенным образом влияет на формирование внешней политики и национальной безопасности, определяет уровень жизни и стабильность национальной валюты. Машиностроение - ключевая отрасль национальной экономики, и его развитие является определяющим для повышения качества продукции других отраслей национальной экономики. Сегодня машиностроение характеризуется уменьшением серийности производства, расширением номенклатуры изделий и повышением точности их изготовления за счет высоких технологий, которые используют прецизионное оборудование и нанометрическую измерительную аппаратуру.

Для управления качеством продукции необходима информация о ее параметрах на всех стадиях жизненного цикла, особенно на стадии изготовления. Существующие методы сбора и обработки информации о качестве, соответствующее методическое и нормативное обеспечение ориентированы на массовое и крупносерийное производство, т.е. рассчитанные на большое количество статистической информации. Это делает невозможность их применения в мелкосерийном производстве. Для эффективного управления качеством в мелкосерийном производстве и повышении точности необходимые более совершенные и экономические методы сбора и обработки информации и соответствующее нормативное обеспечение.

Таким образом, целью статьи является создание методов оценки качества машиностроительной продукции в мелкосерийном производстве.

Качество изделий машиностроения характеризуется рядом показателей, важнейшим из которых есть размерная точность: точность размера, точность

формы и точность взаимного расположения поверхностей. В результате действия случайных факторов, при обработке партии заготовок, действительный размер каждой заготовки является случайной величиной, что приводит к необходимости применения математической статистики.

В машиностроении статистические методы применяются для решения разного рода практических задач, которые можно представить в виде пяти основных групп: анализ точности и стабильности технологических процессов (ТП); регулирование ТП; приемочный контроль; оценка качества продукции; прогнозирование качества ТП и продукции.

Правильность и эффективность их решения определяется объемом информации, которую можно разделить на консервативную и оперативную. К консервативной информации принадлежит знание закона распределения контролируемых (измеренных) величин и оценок его параметров. Чем точнее найденная функция плотности закона распределения и эффективные оценки его параметров, тем меньшим будет необходимый объем выборки. Это дает возможность с меньшими затратами и более оперативно руководить сложными технологическими системами (ТС). Например, становится возможным управлять качеством жизненного цикла изделия на этапе производства как единой ТС.

К оперативной информации принадлежат объем и качество контрольной выборки. Под оперативной информацией понимаем данные об исследуемом явлении, полученных в результате измерений в виде случайной выборки. Чем большая выборка, тем более информации о том или другом показателе качества изделия.

Но, для получения большого объема консервативной информации необходимо иметь большой объем оперативной. Так, например, для определения модели (закона) распределения случайной величины рассеивания показателей качества необходимо большое количество статистических данных о результатах измерений данного показателя.

Для решения этой задачи, в условиях мелкосерийного производства, предлагается получать дополнительную информацию за счет сортировки изделий на группы и определения приведенного отклонение показателей качества в пределах каждой из них. Это даст возможность увеличивать объем статистической информации о показателях качества изделий и, соответственно, эффективнее управлять качеством ТП их изготовления. Объединение исследуемых деталей в такие группы необходимо производить на основе конструктивно - технологического подобия деталей, а также исходя из общности технологических факторов, определяющих точность их обработки (применяемое оборудование и методы обработки, оснастка, инструменты и т.д.).

Правильность объединения деталей в группы оценивают на основе известных в математической статистике способов определения

принадлежности двух выборок к одной генеральной совокупности. Таким образом, в пределах группы обеспечивается однородность влияния факторов на действительные характеристики распределения исследуемых показателей качества деталей: отклонения размеров, формы и расположения поверхностей. Предлагается выделить такие группы: корпусные детали (станины, подушки, рамы, корпуса и т. п.); валы и оси; детали типа дисков; стаканы и втулки; детали типа планок и плит.

Приведенное отклонение показателя качества в каждой группе для вала и отверстия соответственно:

$$\Delta_{\text{пр}} = \frac{er_i - ei_i}{es_i - ei_i} = \frac{er_i - ei_i}{Ti}, \quad \Delta_{\text{пр}} = \frac{ER_i - EI_i}{ES_i - EI_i} = \frac{ER_i - EI_i}{Ti} \quad (1)$$

где es , ei , er , и ES , EI , ER , – верхнее, нижнее и действительное отклонения соответственно вала и отверстия.

Заметим, что приведенная формула применяется при расчете с использованием нижнего предельного отклонения $ei(EI)$ относительно номинального размера. Однако приведенные отклонения можно определять также с использованием верхнего предельного отклонения, тогда:

$$\Delta_{\text{пр}} = \frac{2(er_i - ec_i)}{es_i - ei_i} = \frac{2(er_i - ec_i)}{Ti} \quad \text{и} \quad \Delta_{\text{пр}} = \frac{2(ER_i - EI_i)}{ES_i - EI_i} = \frac{2(ER_i - EC_i)}{Ti} \quad (2)$$

Приведенные отклонения показателей качества деталей, объединенных в одну выборку, вычисляют по формуле:

$$\Delta_{\text{пр}i} = \frac{\Delta_i}{\delta_i}, \quad (3)$$

где Δ_i и δ_i — действительное отклонение и допуск отклонения показателя качества i -той детали.

Приведем пример статистического анализа качества деталей «вал» с использованием приведенных отклонений. В результате измерения размеров шеек деталей «вал» диаметрами $d_1=420h11_{(-0,28)}$ и $d_2= 580h10_{(-0,40)}$ получены следующие восемь значений размеров диаметров:

$$d_{11} = 579,86 \text{ мм}; \quad d_{12} = 580,00 \text{ мм}; \quad d_{13} = 579,79 \text{ мм}; \quad d_{14} = 579,93 \text{ мм}; \\ d_{21} = 449,60 \text{ мм}; \quad d_{22} = 449,90 \text{ мм}; \quad d_{23} = 449,70 \text{ мм}; \quad d_{24} = 449,80 \text{ мм}$$

На рис. 1,а показано расположение отклонений измеренных размеров относительно своих полей допусков.

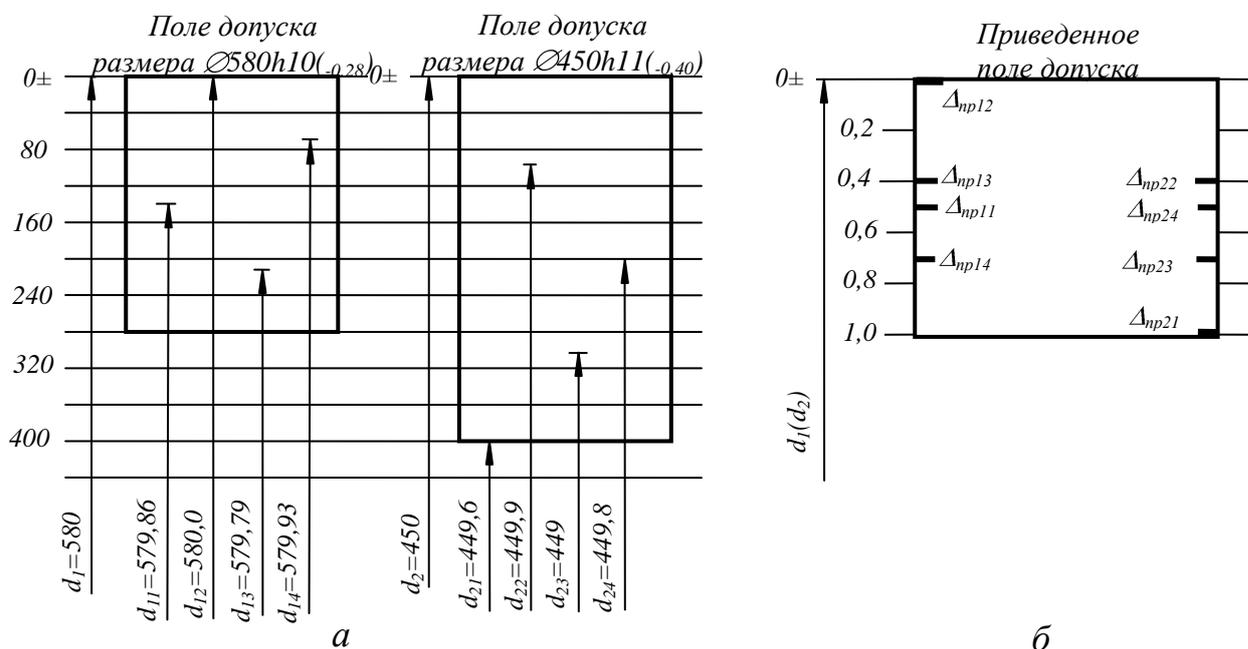


Рис.1 Расположение отклонений размеров относительно заданных полей допусков(а) и в приведенном поле допуска(б)

Вычисленные по формуле (I) приведенные отклонения составляют:

- для вала диаметром 580h10(-0,28): 0,5мм; 0мм; 0,75мм; 0,25мм,
- для вала диаметром 450h11(-0,40): 1,0мм; 0,4мм; 0,75мм; 0,5мм.

Расположение рассматриваемых отклонений относительно приведенного поля допуска, равном 1, представлено на рис.1,б.

Для экспериментальной проверки этой методики были проведены эксперименты по обработке резанием наружных поверхностей и отверстий в деталях на ненастроенном оборудовании. Обработку образцов осуществляли на токарном станке модели 1К62 методом пробных проходов [1]. Заготовки из стали 45 (ГОСТ 1050-60) закрепляли в трехкулачковом патроне по наружной поверхности. Материал режущей части резца — твердый сплав Т15К6. Квалификация станочника — токарь 5-го разряда.

Последовательность проведения экспериментов и математической обработки результатов рассмотрим на примере обработки заготовки детали методом наружного точения. Образец диаметром 150мм обрабатывали методом пробных проходов до диаметра 140_{-0,08}мм, измеряли микрометром (ГОСТ 6507-70) с ценой деления 0,01мм. Аналогичным образом последовательно производились эксперименты с тем же образцом, обрабатывая его до диаметра 130h7(-0,04), а затем до диаметра 120(-0,022)мм.

В результате были получены три группы деталей (по 100 деталей в каждой) разной степени точности из одного и того же материала. В каждой из групп отклонения были приведены к относительным величинам по рассмотренной методике, а затем произведена их статистическая обработка. Построены эмпирические кривые распределения (рис 2а), а оценка близости эмпирического распределения гипотетическому теоретическому производилась по критерию согласия Пирсона, обеспечивающему по сравнению с другими критериями наибольшую точность и достоверность [2].

Аналогичным образом проведена математическая обработка погрешностей в выборках размеров шеек детали «вал» $\varnothing 130h7$ и $\varnothing 120(0,022)$ мм.

На рисунке 2а показаны кривые распределения для всех рассмотренных выше диаметров размеров, объединенных в одну выборку.

Для определения принадлежности выборок к одной генеральной совокупности производилось сравнение по критерию χ^2 :

$$\chi^2 = N_1 \cdot N_2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{m_{i1} + m_{i2}} \left(\frac{m_{i1}}{N_1} + \frac{m_{i2}}{N_2} \right)^2,$$

где N_1, N_2 – объёмы выборок;

m_{i1}, m_{i2} - частоты в интервалах выборок.

Случайность расхождения между выборочными средними оценивалась с помощью распределения Стьюдента:

$$t = \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2} \cdot \frac{\Delta}{\sigma}}, \quad \text{где } \Delta = |\Delta_{\text{пр1}} - \Delta_{\text{пр2}}| \quad \text{и} \quad \sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Эксперименты по обработке результатов измерения отверстий диаметрами $60^{+0,06}$, $70 H8 (+0,046)$, $80H7(+0,03)$ проводили аналогичным образом.

Для получения статистических выборок в пределах каждой из групп размеров отверстий были составлены таблицы приведенных отклонений, построены кривые распределения (рис,2б).

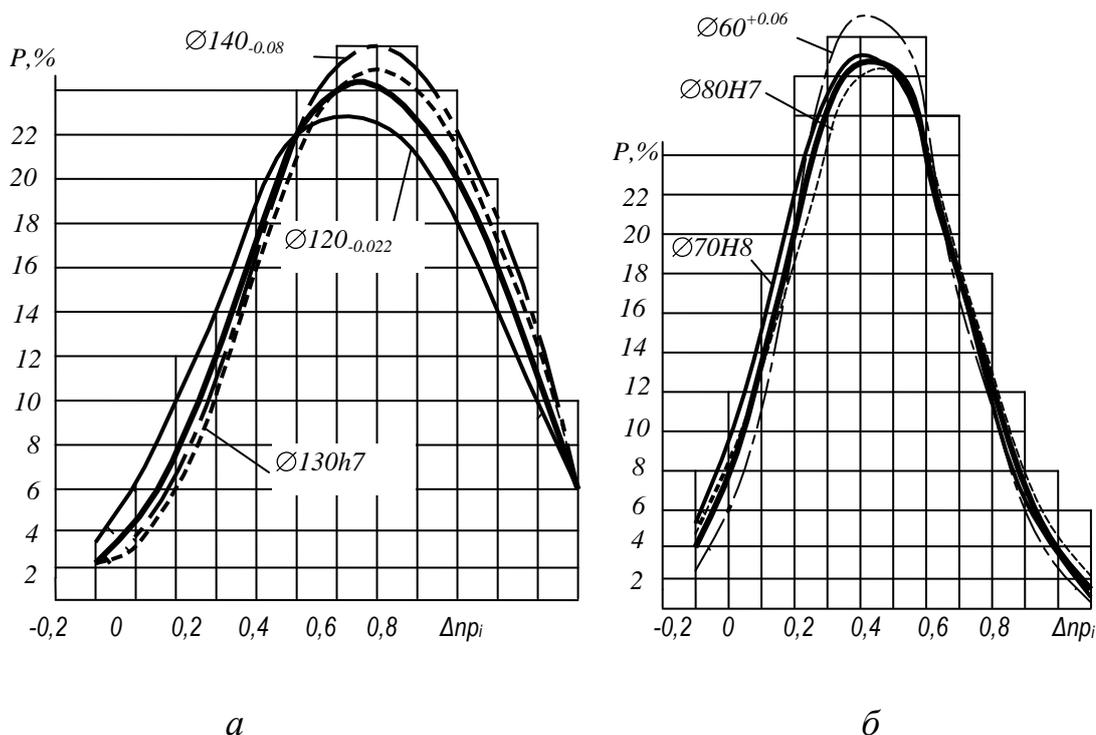


Рис.2- Кривые распределения размеров валов (а) и отверстий (б).

В результате было установлено, что кривые хорошо согласуются с

нормальным законом распределения погрешностей, а группы выборок погрешностей обработки отверстий относятся к одним и тем же генеральным совокупностям. Поэтому все выборки для каждого размера обрабатываемых деталей можно объединить. Для объединенных выборок [2]:

$$\Delta_{PP} = \frac{N_1 \cdot \Delta_{PP1} + N_2 \cdot \Delta_{PP2}}{N_1 + N_2};$$
$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 \cdot \sigma_1^2 + N_2 \cdot \sigma_2^2}{N_1 + N_2} + \frac{N_1(\Delta_{PP1} - \Delta_{PP})^2 + N_2(\Delta_{PP2} - \Delta_{PP})^2}{N_1 + N_2}}$$

Кривые распределения погрешностей в объединенных выборках показаны на (рис. 2) жирными линиями.

Таким образом, статистическая обработка экспериментальных данных позволила установить принадлежность к одной генеральной совокупности погрешностей размеров с различными номиналами и допускаемыми отклонениями, что подтверждает теоретические предпосылки объединения в одну выборку приведенных отклонений размеров деталей, обладающих конструктивно - технологическим подобием.

Проведенные статистические исследования точности в тяжелом машиностроении [3] подтвердили приемлемость такого метода анализа и позволили установить закономерности рассеяния погрешностей обработки крупных деталей.

ВЫВОДЫ

1 Статистическая оценка качества деталей с помощью приведенных отклонений правомерна и позволяет расширить возможности применения математической статистики в условиях мелкосерийного производства, например, в тяжелом машиностроении, где обработка деталей производится на ненастроенном оборудовании по методу пробных проходов.

2. Предложенная методика статистической оценки точности позволит увеличить объем статистической информации о показателях качества и может быть использована при решении следующих задач: анализе точности и стабильности ТП; регулирование ТП; приемочном контроле; оценке качества продукции; прогнозирование качества ТП и продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жабин А.И. Оценка погрешностей изготовления деталей в тяжелом машиностроении/ Жабин А.И., Мартынов А.П. - Науч. тр. Краматорск. Научно - иссл. и проектно-технол. ин-т маш-я, Технология механосборочного производства, 1975, вып19, с.7-14.

2. Методика статистической обработки эмпирических данных. РТМ 44-82.-М.: Стандартгиз,1963.-63с.

3. Жабин А.И. Статистические исследования точности обработки крупных отверстий /Жабин А.И., Мартынов А.П., - Труды НИИПТмаш - Краматорск: 1970, с. 90-95.