

А.В.КУПРИЯНОВ, канд. техн. наук, доц., УИПА, г. Харьков

ФУНКЦИЯ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОДНОСТИ РАЗМЕРОВ

Пропонується більш загальна система контролю, чим існуюча стандартна система допусків. Вона побудована з метою поліпшення якості продукції, за рахунок виготовлення більшої частки деталей з близькими до оптимального розміру.

Предлагается более общая система контроля, чем существующая стандартная система допусков. Она построена с целью улучшения качества продукции, за счет изготовления большей доли деталей с близкими к оптимальному размеру.

1. Введение

В промышленности допусковой контроль размеров получил преимущественное распространение. Он основан на том, что размеры, находящиеся в определенных пределах, называемых допуском, считаются одинаково годными и их качество не различается. Это плохо по двум причинам. Во-первых, это не соответствует условиям эксплуатации, при которых существует некоторое наилучшее значение размера, которое будем называть оптимальным размером. Во-вторых, это не стимулирует производителя изготавливать детали с возможно более узким диапазоном значений действительного размера. В этой системе единственный путь улучшения качества – это уменьшить допуск размера. Такой кардинальный шаг не всегда оправдан, поскольку систематические и случайные погрешности изготовления не позволяют беспредельно уменьшать допуски.

Предлагается система контроля, в которой размеры имеют не дискретное: 0 или 1, а непрерывное значение годности, увеличивающееся по мере приближения к оптимальному размеру. При этом, в зависимости от диапазона значений размера, детали могут быть разделены на сорта, имеющие разное значение годности размеров и разное значение продажной цены. Оплата труда рабочих может быть также дифференцирована, в зависимости от доли изделий каждого сорта. Собирая изделие из деталей с размерами определенного сорта, можно говорить о выпуске изделия повышенного или обычного качества. Это позволит стимулировать производителя непрерывно улучшать качество, а также расширить сбыт продукции за счет дифференцированного подхода к покупателям с разными финансовыми возможностями.

2. Функция годности размеров

Форма функции цены отклонения действительного размера от оптимального значения может быть разной. Для количественной оценки цены отклонения действительного размера от оптимального предлагается использовать функцию годности размеров $K(x)$, требования к которой:

1. Равенство 1 в значениях оптимального размера.
2. Равенство 0 в двух значениях предельно допустимых значений, меньшего e_1 и большего e_2 соответственно (не обязательно совпадающих с границами стандартного поля допуска).
3. В пределах допустимых значений изменяется в диапазоне $[0, 1]$.
4. Отрицательность за пределами допустимых значений.

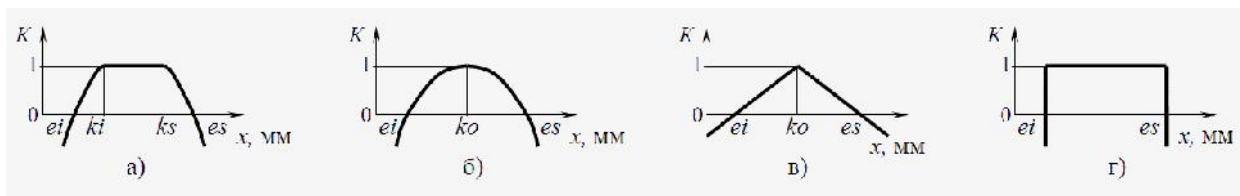


Рис. 1. Семейство функций годности размеров

На рисунке 1 изображены примеры функций годности размеров. По горизонтальной оси отложены размеры x в мм, по вертикальной оси безразмерные значения годности размеров $K(x)$. Форма функции годности устанавливается исходя из эксплуатационных условий работы детали. Форма может быть различной, в области оптимальных значений может быть (рисунок 1а), а может и не быть (рисунок 1б, в) неубывающего участка. Боковые участки функции могут быть выпуклы вверх (рисунок 1а, 1б), линейны (рисунок 1в), и даже выпуклы вниз. Форма функции годности определяет, насколько желательно получать близкие к оптимальному размеры. Чем больше ее скорость убывания от оптимального размера, тем уже диапазон значения размера требуется обеспечить технологически. Функция годности может быть несимметрична, если значение оптимального размера смещено относительно центра допустимых значений. Несимметричная форма целесообразна, если требуется технологически обеспечить размеры, близкие к одному из допустимых значений.

Для классического допускового контроля функцию годности может быть представлена в виде, изображенном на рисунке 1г. В пределах допустимых значений $[ei, es]$ детали имеют годность, равную единице, за пределами $[ei, es]$ детали бракованные.

Общий случай предлагаемой функции годности показан на рисунке 1а. Он характеризует использование технологического запаса точности, при котором диапазон размеров с годностью $K(x) = 1$ по сравнению с классическим допусковым контролем сужается от допустимых значений $[ei, es]$ до желательных $[ki, ks]$. При этом значения размеров за пределами $[ki, ks]$, но в пределах $[ei, es]$, нежелательны, но допустимы, и имеют $0 < K(x) < 1$. За пределами диапазона $[ei, es]$ функция годности $K(x) < 0$, это значит, что изготовление деталей с такими значениями размеров штрафуются. Более подробно построение функции годности для данного случая рассмотрено в [1].

Случай, когда диапазон желательных размеров $[ki, ks]$ уменьшается до единственного оптимального значения $ko = ki = ks$, изображен на рисунках 1б и 1в. При этом только для размера $x = ko$ значение годности $K(x) = 1$, для остальных оно меньше. Следует заметить, что значение оптимального размера должно находиться внутри диапазона гранично допустимых значений $ei < ko < es$, в противном случае требования к функции годности размеров $K(x)$ не будут соблюдены.

Задаваясь диапазоном значений годности, можно определять соответствующий ему диапазон действительных размеров. Таким образом, можно делить детали на сорта. Собирая изделие из деталей с определенным минимальным уровнем годности, можно говорить, что собранное изделие соответствует определенному сорту.

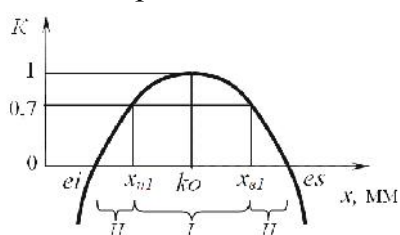


Рис. 2. Разделение размеров детали на два сорта

В качестве примера на рис. 2 показано разделение размеров детали на два сорта. К сорту I со значением годности $K > 0,7$ относятся детали с размерами от x_{n1} до $x_{с1}$. К сорту II со значением годности $0 < K < 0,7$ относятся детали с другими размерами в пределах допуска $[ei, es]$. При увеличении выбранного граничного значения годности K диапазон размеров сорта I $[x_{n1}, x_{с1}]$

сужается, соответственно увеличивая диапазоны размеров деталей сорта II. Размеры можно делить и на большее количество сортов, но слишком большое их количество нецелесообразно. По-видимому, для практических случаев достаточно использовать 2 – 3 сорта.

3. Частные случаи функции годности

Использование обобщенного подхода к построению функции годности, изложенное в [1], не всегда оправдано. Часто можно использовать более простые виды функций.

Использование линейной функции годности (рисунок 1в) значительно упрощает математическую задачу расчета значения годности действительного размера. В этом случае значение годности размера определяется по формуле:

$$K(x) = \begin{cases} (x - ei)/(ko - ei), & x \leq ko, \\ (x - es)/(ko - es), & x \geq ko. \end{cases} \quad (1)$$

При заданном значении годности K можно определить соответствующие ему два значения размеров:

$$x_{1,2}(K) = \begin{cases} ei + K(ko - ei), & x \leq ko, \\ es + K(ko - es), & x \geq ko. \end{cases} \quad (2)$$

Как уж было замечено, $ko \neq ei \neq es$, иначе уравнения (3) и (4) неопределенны.

Использование параболы в качестве функции годности дает кривую (рисунок 1б), по внешнему виду похожую на нормированную кривую стоимости получения деталей с определенным диапазоном размеров. По этой причине, а также из-за математической простоты, парабола в качестве функции годности найдет широкое применение. Парабола симметрична, поэтому недостатком использования ее в качестве функции годности будет невозможность смещать значения оптимального размера относительно центра допустимых размеров, т.е. всегда $ko = (ei + es) / 2$. Значение годности действительного размера, по причине симметричности решения для левой и правой половин, можно записать одним уравнением:

$$K(x) = 1 - \left(\frac{2x - es - ei}{es - ei} \right)^2. \quad (3)$$

Значение двух размеров, соответствующие заданной годности K :

$$x_{1,2}(K) = \frac{es + ei}{2} \pm \frac{es - ei}{2} \sqrt{1 - K}. \quad (4)$$

4. Функция плотности распределения годности размеров

Для технологов важно оценить технологию изготовления и сделать выводы о её качестве с точки зрения группирования действительных размеров относительно оптимального.

Если спроектировать функцию плотности распределения размеров $f(x)$ на функцию годности размеров $K(x)$, то получим функцию, которая характеризует плотность распределения вероятности получения размера с разными значениями годности. Будем именовать ее функцией плотности распределения годности размеров P_k . Каждое из сочетаний функции годности размеров и функция плотности распределения размеров дает свой вид функция плотности распределения годности размеров. Эта функция может быть построена методом статистического моделирования или аналитически.

Функция плотности распределения годности размеров P_k характеризует технологию изготовления деталей с точки зрения качества. На графике этой функции детали с размерами, близкими к оптимальному, располагаются в области близких к единице аргументов, положительные значения аргументов свидетельствуют о допустимости таких размеров, а отрицательные – о недопустимости.

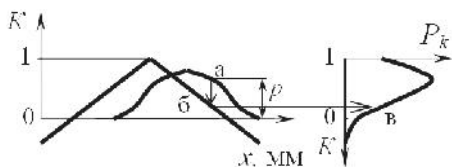


Рис. 3. Последовательность построения функции плотности распределения годности размеров

При статистическом моделировании для получения распределения P_k для каждого значения на кривой распределения размеров (рисунок 3, точка а), находится ее значение годности (рисунок 3, точка б), умножается на вероятность таких значений p и получается значение функции P_k .

Близость максимума графика плотности распределения годности к 1 и высокая плотность свидетельствует о том, что полученные действительные размеры группируются вокруг оптимального, что свидетельствует о высоком качестве технологии изготовления. По мере удаления значения максимума плотности распределения годности от 1 и снижения её плотности качество технологии снижается, отрицательные значения свидетельствует о браке.

5. Примеры функции плотности распределения годности размеров

Проиллюстрируем функцию плотности распределения годности P_k на примере размера $\varnothing 90F8^{+0,09}_{+0,036}$. Пусть значение оптимального размера совпадает с серединой поля допуска и равно $ko = 90,063$ мм. Функция плотности распределения годности размеров выбрана линейной (рисунок 1 в), и пересекающей ось абсцисс в границах поля допуска. Распределение размеров принято нормальным со среднеарифметическим значением a и среднеквадратическим отклонением σ . По оси абсцисс откладываются значения функции годности, по оси ординат – вероятность получения деталей с такими значениями.

Рисунок 4 а) иллюстрирует плотности распределения годности размеров для классического случая, когда центр кривой нормального распределение размеров совпадает с оптимальным $a = 90,063$ мм, разброс размеров в пределах 6σ равен полю допуска, при этом среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,009$ мм. Количество деталей с размерами близкими к ko , по мере отклонения от ko количество деталей уменьшается, достигая нулевых значений на границах поля допуска. За пределами положительной годности деталей практически нет.

Рисунок 4 б) иллюстрирует плотности распределения годности для случая изготовления со значительным технологическим запасом точности. Исходные данные: центр кривой распределения размеров такой, как и для рисунка 4 а), среднеквадратическое отклонение уменьшено до $\sigma = 0,005$ мм. Таким образом, получаемые размеры сгруппированы около оптимального, а деталей с размерами, близкими к границам поля допуска, нет.

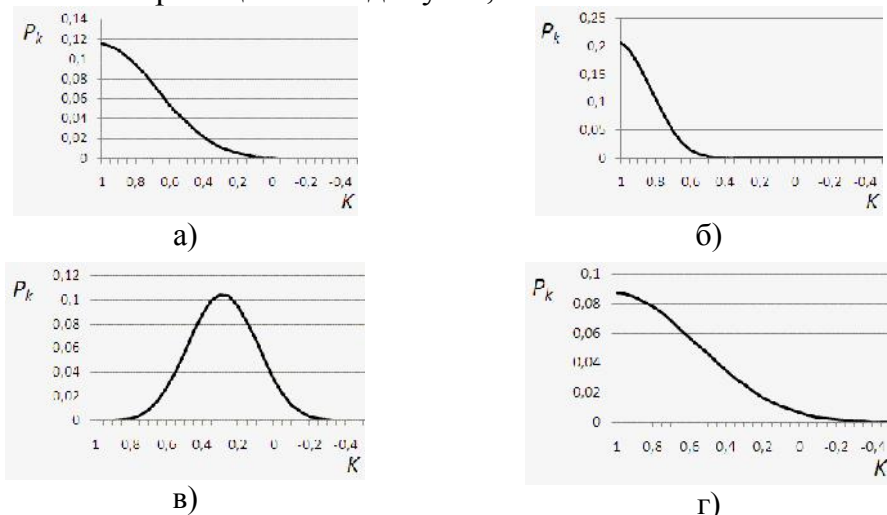


Рис. 4. Примеры графиков плотности распределения годности размеров

Функция плотности распределения годности достигает нулевых значений при значениях годности 0,5. Рисунки 4 в) и 4 г) построены для исходных данных, характеризующих технологию, при которой имеются детали с отрицательной

годностью, т.е. бракованные. На рисунке 4 в) центр кривой распределения размеров смещен относительно оптимального и равен $a = 90,083$ мм, при этом среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,005$ мм. Подобные параметры распределения размеров деталей характерны для случая неправильной настройки станка, а точность изготовления достаточна. Основная часть деталей имеют значения годности 0-0,6. Деталей с оптимальным размером практически нет, с то же время значительная часть деталей имеет отрицательные значения годности, что свидетельствует о браке. На рисунке 4 г) центр кривой распределения размеров совпадает с оптимальным, но разброс размеров слишком велик, среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,012$ мм. Подобные параметры распределения размеров деталей характерны для случая недостаточной точности изготовления, а настройка станка правильная. Функция плотности распределения годности имеет максимум в области значений $K(x) = 1$, но часть деталей имеют отрицательную годность.

Значение функции плотности распределения годности размеров P_k в точке максимума отличается, причиной этому есть равенство единице интеграла по числовой оси от функции, поэтому для более широкого графика плотности распределения годности максимум меньше, и наоборот.

Выводы:

1. Предлагается более общая система контроля, чем существующая стандартная система допусков, в которой действительные размеры имеют значение годности, непрерывно улучшающееся от $-\infty$ до 1 по мере приближения к оптимальному с точки зрения эксплуатации размеру.
2. Предлагаемая система построена с целью улучшения качества продукции, за счет изготовления большей доли деталей с близкими к оптимальному размеру.
3. Задаваясь диапазоном значений годности, возможно разделять детали на сорта по критерию точности размеров.
4. Для количественной оценки годности предложено семейство функций годности, подробно рассмотрены линейная и параболическая, для которых получены формулы для расчета предельных значений размеров деталей определенного сорта.
5. Для оценки технологического процесса с точки зрения точности размеров предлагается функция плотности распределения годности размеров, которая представляет собой проекцию плотности распределения размера на функцию годности.

Список литературы: 1. *Куприянов А.В.* Контроль оптимальности размеров / А.В.Куприянов // Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХП». – 2010. – №24. – С. 9-15.

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 006.05:681.3

І.В. ЛАЗЬКО, зав. сектором стандартизації, НТИ і патентних досліджень ТОВ «Хімтехнологія», Сєвєродонецьке відділення ІПДО та ДН СНУ ім. Володимира Даля, м. Сєвєродонецьк

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ УСТАНОВ

Доведено, що базою для підвищення результативності СУЯ НДУ, а відповідно і результативності НДР, являється раціональний пакет нормативної документації СУЯ НДУ, що характеризується ієрархічною структурою, принципами створення та процесом життєвого циклу.