

### **Аналитический метод оценки качества изготовления деталей систем вооружения<sup>1</sup>**

Системы вооружения представляют собой сложные технические изделия, состоящие из множества разнообразных деталей, сборочных единиц, комплектов, комплексов и агрегатов, от качества которых, в конечном счете, зависит их качество.

В связи с этим, одной из важнейших задач, от успешного решения которой во многом зависит эффективность систем вооружения, является повышение их качества и эксплуатационной надежности.

Обоснованное управление качеством возможно только в том случае, когда имеется метод (способ) его оценки, выбор и обоснование путей его повышения. В данной работе предлагается метод оценки и управления качеством изготовления деталей, сборочных единиц и других объектов конструкторской документации с единых позиций.

Любое изделие состоит из множества деталей, для изготовления которых можно спроектировать большое количество самых разнообразных технологических процессов. Однако как бы ни проектировались технологические процессы, их конечный результат - готовые детали, удовлетворяющие заданным техническим требованиям на изготовление. В фактических размерах и геометрии готовых деталей содержится вся существенная информация о состоянии производственного оборудования, инструментов, приспособлений.

Анализ чертежей деталей показывает, что существуют всего лишь три способа задания требований к отдельным свойствам детали на нем:

показатели, которые задаются в виде номинального размера и предельных отклонений. При этом предусматривается, что изменение показателя от некоторого значения (например, среднего значения) в одну и другую сторону ведет к снижению качества. Такие показатели будем относить к первой группе;

показатели, значения которых должны быть равны или меньше некоторого максимального значения ( $P_{\max}$ ) (параметры, заданные в виде "не более..."). Как правило, нижний предел для таких показателей не устанавливается, а обуславливается выбранным технологическим процессом. Такие параметры будем относить ко второй группе показателей. К таким параметрам, например, можно отнести показатели отклонения формы, взаимного расположения поверхностей и осей и т.п.;

показатели, значения которых должны быть больше некоторого минимального значения ( $P_{\min}$ ) (параметры, заданные в виде "не менее..."). Верхний предел для таких параметров не устанавливается, а обуславливается выбранным технологическим процессом. Такие параметры будем относить к третьей группе показателей. Примером такого задания параметра может быть, например, "твердость не менее НВ 230" и т.п. (группа 3).

Уровень качества изготовления детали по  $i$ -му регламентированному свойству (для показателей группы 1) можно определить следующим образом

$$k_i = 1 - \frac{(P_i - \bar{P})^2}{(0.5ITP + \Delta)^2} \quad 1$$

где  $ITP$  - допуск на  $i$ -й параметр ( $ITP = esP - eiP$ );  $\bar{P}$  - среднее значение  $i$ -го параметра ( $\bar{P} = \frac{esP + eiP}{2}$ );  $P_i$  - действительное значение параметра, полученное в данном технологическом процессе;  $esP$  - верхнее предельное значения параметра  $P$ ;  $eiP$  - нижнее предельное значение параметра  $P$ ,  $\Delta$  - погрешность определения  $i$ -го параметра.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Российской Федерации

Для показателей второй группы, формула для определения уровня качества по  $i$ -му регламентированному параметру будет иметь вид

$$k_i = 1 - \frac{(P_i - P_{\min})^2}{(ITP + \Delta)^2} \quad 2$$

где  $ITP$  - допуск на  $i$ -й параметр ( $ITP = P_{\max} - P_{\min}$ );  $P_i$  - действительное значение параметра, полученное в данном технологическом процессе;  $P_{\min}$  - минимально достижимое значение  $i$ -го параметра в данном технологическом процессе при полном соблюдении технологического регламента;  $P_{\max}$  - максимально-допустимое по техническим требованиям значение параметра.

Для показателей третьей группы, формула для определения уровня качества по  $i$ -му регламентированному параметру будет иметь вид

$$k_i = 1 - \frac{(P_{\max} - P_i)^2}{(ITP + \Delta)^2} \quad 3$$

где  $ITP$  - допуск на  $i$ -й параметр ( $ITP = P_{\max} - P_{\min}$ );  $P_i$  - действительное значение параметра, полученное в данном технологическом процессе;  $P_{\max}$  - максимально-достижимое значение  $i$ -го параметра в данном технологическом процессе при полном соблюдении технологического регламента;  $P_{\min}$  - максимально-допустимое по техническим требованиям значение параметра.

Для оценки уровня качества изготовления детали по комплексному показателю на данной операции необходимо найти зависимость  $K = \varphi(k_i)$ .

В качестве такой зависимости предлагается следующая формула

$$K_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m k_j}, \quad 4$$

где  $k_j$  - определяется по формулам (1)-(3);  $m$  - количество параметров детали, по которым производится оценка качества изготовления  $i$ -й детали.

Формула (4) обладает свойством "вето", т.е. при выходе действительного значения хотя бы одного параметра за пределы  $(ei - \Delta)$  или  $(es + \Delta)$ , уровень качества по комплексному показателю равен нулю (деталь бракуется, так как она не удовлетворяет техническим требованиям по  $i$ -у параметру).

Уровень качества готовой детали, полученный в результате выполнения всех операций технологического процесса, естественно, зависит от уровня качества детали, достигнутого на отдельных операциях. Установление таких связей может быть выполнено с помощью размерного анализа. Для этого необходимо проследить систему формирования конечного значения  $i$ -го параметра, составить и решить систему взаимосвязанных размерных цепей по каждому из вариантов технологического процесса. Исходным звеном в отдельных размерных цепях этой системы выступает величина  $i$ -го звена, достигаемая на данной технологической операции. В такой постановке задача может быть решена для относительно простых деталей с незначительным количеством регламентированных требований. Для оценки уровня качества изготовления изделия в целом необходимо переходить к поиску комплексных показателей, которые в совокупности учитывают качество изготовления отдельных деталей.

Для определения качества соединений предлагается следующая методика.

В зависимости от служебного назначения соединения, предъявляемых к нему требований, осуществляется выбор соответствующей формулы.

Например, при оценке качества соединений с зазором уровень качества определяется по формуле

$$k_i = 1 - \frac{(S_i - S_{\min})^2}{(ITS + \Delta)^2} \quad 5$$

где  $ITS$  - допуск зазора ( $ITS = S_{\max} - S_{\min}$ );  $S_i$  - действительное значение зазора в  $i$ -м соединении;  $S_{\min}$  - минимальное (по чертежу) значение зазора;  $S_{\max}$  - максимальное (по чертежу) значение зазора,

а при оценке качества соединений с натягом уровень качества определяется по формуле

$$k_i = 1 - \frac{(N_{\max} - N_i)^2}{(ITN + \Delta)^2} \quad 6$$

где  $ITN$  - допуск натяга ( $ITN = N_{\max} - N_{\min}$ );  $N_i$  - действительное значение натяга в  $i$ -м соединении;  $N_{\min}$  - минимальное (по чертежу) значение натяга;  $N_{\max}$  - максимальное (по чертежу) значение натяга.

Для оценки качества и выбора путей его повышения написана специальная программа на языке Visual Basic, работающая в диалоговом режиме. Программой предусмотрена оценка качества изготовления деталей, как по фактическим данным, так и по данным, полученным в результате моделирования. Моделирование параметров деталей осуществляется в заданных допусках с требуемой надежностью. При моделировании используются основные законы распределения случайных величин, характерные для контролируемых параметров детали.