

УДК 621.9(075)

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-747-755

## ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Н.М. Расулов, У.М. Надиров

Азербайджанский технический университет, Баку, АЗ 1073, Азербайджан  
Адрес для переписки: [n\\_ugurlu@mail.ru](mailto:n_ugurlu@mail.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию 04.02.19, принята к печати 20.05.19  
Язык статьи — русский

**Ссылка для цитирования:** Расулов Н.М., Надиров У.М. Подход к оценке качества изготовления деталей в приборостроении // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 747–755. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-747-755

### Аннотация

**Предмет исследования.** Представлены критерии качества для оценки изготовления деталей и методика его определения. Приведены результаты исследований связей между производственными и эксплуатационными показателями качества изделий и влияние условий эксплуатации на эксплуатационные показатели качества. Выполнен анализ использования производственного качества двух видов деталей одного и того же изделия, лимитирующие их сроки службы, применяя методику составления оси качества. **Метод.** Разработана ось качества для выражения качества изделия и использования ресурса их качества. Представлена методика увязки деталей и их ресурса качества с эксплуатационными показателями изделий. Она является удобным средством для выражения коэффициента производственных качеств, ресурса использования качества и т.п. изделий и их элементов. Предложены пути обеспечения эффективности использования ресурсов производственных качеств изделий в целом и их составных частей. Для оценки качества изготовления партии изделий предложены критерии стабильности их надежности. Для схематического описания жизненного цикла изделий применяется петля качества. **Основные результаты.** Представлена методика для выявления рациональных предельных значений показателей качеств деталей и узлов в стадии их проектирования, а также рациональное сочетание качеств деталей и узлов в изделиях при их производстве. Выявлено, что одним из направлений обеспечения высокой эффективности изделий в целом может стать рациональное обеспечение и использование ресурсов производственных качеств их составных частей. Исследования показали, что нормативные эксплуатационные показатели качества изделия не всегда отражают изменение основного технологического показателя, например, среднеквадратического отклонения значимого размера, влияющего на качество данного изделия. Принято, что качество — это совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают им способность удовлетворять обусловленные потребности потребителя. **Практическая значимость.** Даны аналитические выражения и методика определения коэффициента производственного качества при различных вариантах обеспечения верхнего предела качества, когда эксплуатационное качество деталей лимитируется точностями размеров поверхностей. Дан коэффициент качества для оценки и сравнения качества деталей.

### Ключевые слова

коэффициент качества, критерий, срок службы, ось качества, ресурс работы

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-747-755

## EVALUATION OF PARTS PRODUCTION QUALITY IN INSTRUMENT-MAKING

N.M. Rasulov, U.M. Nadirov

Azerbaijan Technical University, Baku, AZ 1073, Azerbaijan  
Corresponding author: [n\\_ugurlu@mail.ru](mailto:n_ugurlu@mail.ru)

### Article info

Received 04.02.19, accepted 20.05.19  
Article in Russian

**For citation:** Rasulov N.M., Nadirov U.M. Evaluation of parts production quality in instrument-making. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 747–755 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-747-755

### Abstract

**Subject of Research.** The paper presents the parts-making quality criteria and the method of quality determination. Research results on the relationship between production and operational indicators of product quality and the influence of operating conditions on operational performance indicators are presented. Analysis of production quality is carried out for two types of

parts of the same product, limiting their service life, by the method of drawing up the quality axis. **Method.** A quality axis was developed for specification of the product quality and the use of its quality resource. A technique for linking parts and their resource quality to the operational performance of products is presented. The technique is a convenient tool for expressing the production quality coefficient and quality application resource for products and their elements. The ways of efficiency assurance for the use of production quality resources of products in general and their components are proposed. Criteria for reliability stability are proposed for production quality evaluation of batch of products. A quality loop is used for schematic description of the product life cycle. **Main Results.** A method is presented for identifying rational limiting values of the quality indicators of parts and assemblies at the design stage, as well as a rational combination of the qualities of parts and assemblies in the products during their production. It is revealed that one of the directions for ensuring high efficiency of products in general can be the rational provision and use of resources of the production qualities of their constituent parts. The studies have shown that the standards-compliant operational factors of product quality do not always reflect the change in the main technological indicator, for example, the standard deviation of a significant size that affects the quality of this product. It is accepted that quality is a combination of properties and characteristics of products, which give them the ability to satisfy the consumer's conditioned needs. **Practical Relevance.** Analytical expressions and methods are given for determining the production quality coefficient for various options of the upper quality limit assurance, when the operational quality of parts is limited by the accuracy of surface dimensions. The quality coefficient for evaluation and comparison of the quality of parts is given.

#### Keywords

quality factor, criterion, service life, quality axis, work resource

## Введение

Развитие общества, непрерывное уменьшение природных ресурсов, рыночная конкуренция обуславливают необходимость в постоянном совершенствовании и повышении качества выпускаемых изделий, а также применении прогрессивных методов и средств их оценки.

Для оценки качества изделий применяются различные показатели: эксплуатационные, производственные, экономические<sup>1</sup> и т. п. [1–4]. В основном качество изделий оценивается эксплуатационными показателями. Качество изделия формируется качествами отдельных его составных частей при изготовлении деталей и сборке сборочных единиц.

В настоящее время производственное качество деталей оценивается, как «годный» (или «негодный») в целом, или в отдельных частях элементов в зависимости от нахождения параметра-критерия качества в пределах допуска без увязки с их эксплуатационными качествами. Таким образом, качество каждой единицы объекта производства количественно не оценивается, нет критериев, характеризующих связи между их производственными и эксплуатационными качествами. На сегодняшний день не существует критериев для сравнения производственных качеств двух или более деталей одинаковой конструкции и назначения, изготовленных согласно единым чертежам<sup>2</sup> [4, 5–8]. Кроме того, актуальными задачами производства машин и приборов является управление качеством изготовления деталей в машиностроении и обеспечение эффективностей расхода ресурса качества изделий при эксплуатации [4, 9–12]. Значит, появилась необходимость разработки критерия для количественной оценки качества изготовления деталей, одновременно позволяющая определить, какая из двух сравниваемых «одинаковых» деталей обладает относительно высоким качеством изготовления, а также создающие предпосылки для эффективного управления качеством изготовления деталей в машиностроении и приборостроении.

Целью работы является разработка обобщающего критерия, характеризующего качество изготовления деталей и методики его использования для оценки ресурса качества объекта на производстве, включая и период эксплуатации изделия.

## Связи качества изготовления и эксплуатации

Действуют определенные функциональные связи между эксплуатационными показателями изделия и показателями качества их изготовления [13–16]:

$$y_1 = f(x_1, x_2, x_3, \dots); y_2 = f(x_1, x_2, x_3, \dots) \text{ и т. д.}$$

где  $y_1, y_2$  и т. д. — эксплуатационные показатели,  $x_1, x_2, x_3$  и т. д. — показатели качества изготовления составных частей изделия.

Какой-либо параметр детали может характеризовать одновременно и производственный и эксплуатационный ее показатель. В том числе линейные размеры контактных поверхностей деталей трущихся пар характеризуют и качество изготовления, и состояние их работы. При этом срок службы изделий (деталей)

<sup>1</sup> ГОСТ Р 51901.3-2007 (IEC 60300-2:2004). Национальный стандарт РФ. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности. Введ. 2008-09-01. М.: Стандартинформ, 2008. 44 с. ISO 9000:2005 (E) Quality management systems — Fundamentals and vocabulary. Published. 2012-01-16, 30 p.

<sup>2</sup> ГОСТ Р ИСО 21747-2010. Статистические методы. Статистики пригодности и воспроизводимости процесса для количественных характеристик качества. Введен. 2011-12-01. М.: Изд-во стандартов, 2012. 28 с.

$F$  ограничивается в основном износом трущихся поверхностей деталей пар трения [13]. Например, снятие из эксплуатации пары плунжер-цилиндр из-за износа их рабочих поверхностей обусловлен достижением предельно допустимого значения зазора  $[\delta]$  между трущимися поверхностями деталей. Таким образом, срок службы пары имеет прямую функциональную связь между линейными размерами ( $x_1$  и  $x_2$ , где  $x_1$  — диаметр цилиндра,  $x_2$  — диаметр плунжера) поверхностей, лимитирующих их эксплуатационные показатели ( $F = f(x_1, x_2)$ , где  $(x_1 - x_2) = \delta$ ). Значит, диаметры цилиндра и плунжера являются показателями одновременно производственного и эксплуатационного качества. В данном случае между производственным и эксплуатационным показателями в основном существует линейная связь (нормальный период изнашивания).

Для обеспечения эффективности производства деталей количественная оценка производственного качества имеет особое значение. Допустим, что изделие содержит в количестве  $n$  ответственных, лимитирующих его надежность деталей. Производственное качество одного из них близко к низкому предельному значению, а остальных, в количестве  $(n - 1)$ , близко к верхнему предельному значению. Тогда эксплуатационные показатели изделия ограничиваются работоспособностью первой детали. Изделие снимается из эксплуатации из-за его отказа от работы. Коэффициент использования ресурса работы  $K_p$  детали при полном ее использовании равен:

$$K_p = \frac{F_0}{F_n} \approx 1,$$

где  $F_n$  — вероятностный срок службы детали, обеспечиваемый ее качеством изготовления;  $F_0$  — действительный срок службы детали, обеспечиваемый фактическим качеством ее изготовления.

Ресурсы работ остальных  $(n - 1)$  деталей используются ограниченно, коэффициент использования ресурса работы для них меньше единицы.

Таким образом, при производстве изделий партиями, сборку одного изделия предлагается осуществлять с деталями, имеющими производственные качества, близкими к верхним пределам, второго — только из деталей, имеющих вторую позицию по качеству, а последнего — из деталей, обладающих наименьшими качественными показателями изготовления (примерно, аналогично групповой сборке). В результате обеспечиваются относительно высокие, близкие к единице, значения коэффициентов использования ресурсов работ всех изделий и их деталей, повышается вероятность более эффективного использования их ресурсов работ.

### Критерий оценки качества изготовления деталей

Качества изделий вложится в конструкции с соответствующими конструктивными элементами (материал, точности размеров, шероховатости поверхностей, точности соединений и т. п.) при ее проектировании, которая обеспечивается технологическими процессами при ее изготовлении (рис. 1). Производственное качество изготавливаемых деталей формируется с качествами их материалов, заготовок и механических обработок, а качество сборочных единиц и изделий еще и качеством соединений и сборки [4, 6, 7].

Качество механической обработки в обобщенном виде характеризуется размерными точностями поверхностей, точностью их формы, ориентации, положения и биения, а также геометрическими качествами поверхностей и качествами поверхностных слоев (рис. 1). Точности формы, ориентации, положений и биения являются геометрическими местами локальных размеров<sup>1</sup>. Поэтому при формировании производственных качеств деталей размерные точности имеют особые значения. В связи с этим здесь приводится критерий оценки производственного качества деталей только по их размерной точности.

Как критерий оценки качества, предлагается применять коэффициент качества  $K_k$ . Основой разработки критерия качества принят следующий принцип: верхний нормативный (или фактический) предел любого показателя качества принимается равным единице, а нижний его предел равным нулю. Критерий качества изменяется в интервале  $[0; 1]$ . Значит, значение теоретического — нормативного критерия качества (в том числе точности), применительно к процессу эксплуатации изменяется в интервале  $[0; 1]$ . Верхняя половина интервала  $[0,5; 1]$  выделена для производства, как минимум, другая половина  $[0; 0,5]$  — для эксплуатации. Таким образом, в любом изделии в начале эксплуатации преобладает значение эксплуатационного коэффициента качества, равное значению соответствующего производственного коэффициента качества. Оно получается выше 0,5 значений. Естественно, что в непрерывном процессе эксплуатации изделия качество его составных частей постепенно снижается.

Каждая деталь формируется множествами поверхностей и их размерами. На примере одного размера рассмотрим методику оценки точности коэффициентом производственного качества.

<sup>1</sup> ГОСТ Р 53442-2009 (ИСО 1101:2004). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения. Введ. 01.01.2012. М.: Изд-во стандартов, 2012. 58 с.

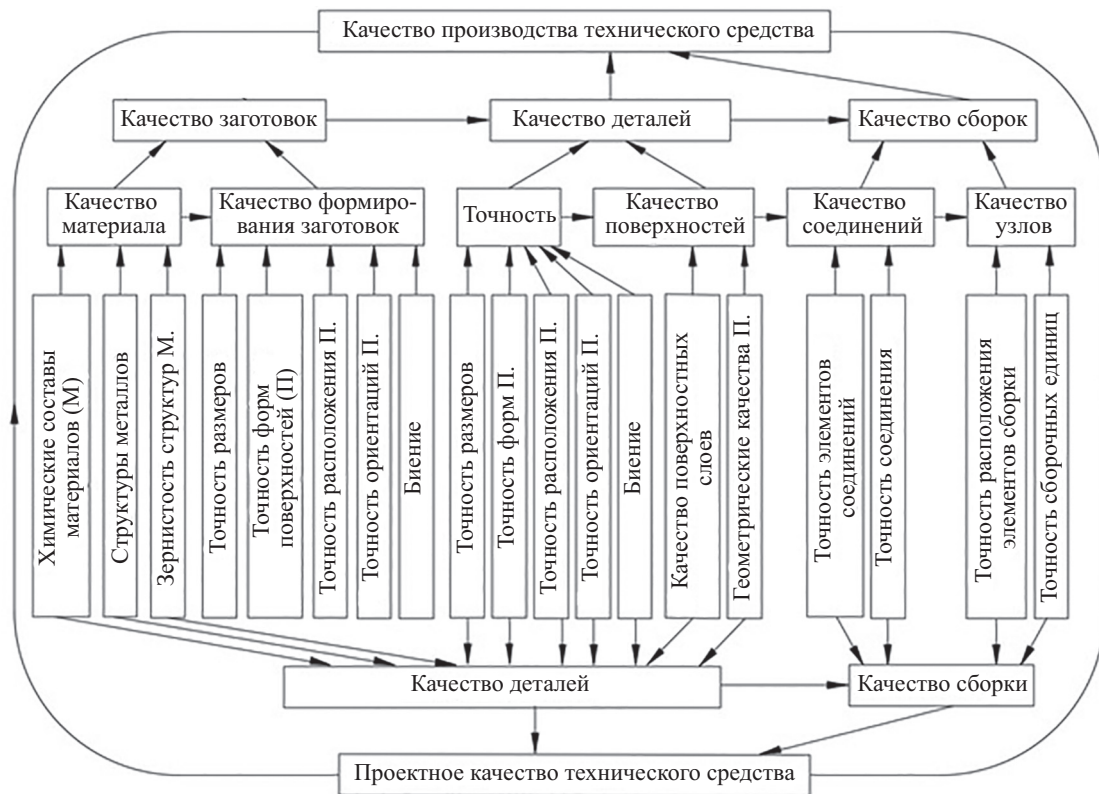


Рис. 1. Схема формирования качества технического средства

Допустим, что при изготовлении партии деталей механической обработкой их поверхностей обеспечивается какой-либо номинальный размер  $A$  с допустимыми предельными отклонениями  $es$  и  $ei$  (рис. 2). Если верхний предельный размер (с отклонением  $es$ ) обеспечивает наивысшие параметры эксплуатационных показателей, то коэффициент качества для него (точка  $B$ ) равен 1. При этом  $K_k$  для нижнего предельного размера (точка  $C$ ) равен 0,5. Для деталей с промежуточными размерами ( $(A + ei) \leq (A + x) \leq (A + es)$ ) зависимость между  $K_k$  и размером  $(A + x)$  принимается линейной. Аналитическая связь  $K_k = f(A + x)$  может быть выражена формулой:

$$K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{x - ei}{IT} \right) \text{ и } K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{x - ei}{T} \right), \tag{1}$$

где  $x$  — искомое отклонение ( $ei \leq x \leq es$ );  $IT$  — стандартный допуск посадки, предусмотренный для размера  $T = IT$ .

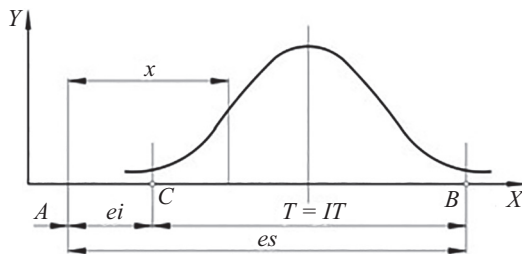


Рис. 2. Схема расположения допуска на размер

Проверка на начальные условия: при  $x = es$ ,  $K_{k1} = 1$ ; при  $x = 0,5(es + ei)$ ,  $K_{k2} = 0,75$ ; при  $x = ei$ ,  $K_{k3} = 0,5$ . Обеспечивается линейность зависимости  $K_{k1} = f(x)$ .

Таким образом, выражение (1) есть базовая математическая модель критерия оценки производственного качества. Применяя ее, можно разработать критерий оценки качества для любого технологического параметра, характеризующего производственное качество изделий и их деталей.

При выборе значимости предельных отклонений технологических параметров для критерия коэффициента качества учитываются позиции отклонений относительно номинального размера и функциональ-

ного назначения поверхности, положение которого оценено размером. Приведем ясность этого на примере размерной точности, параметра качества в двух вариантах<sup>1</sup> [4]:

— в соединениях с натягом наивысшее с функциональной позиции качество сопряжения обеспечивается при наибольшем размере вала и наименьшем размере отверстия. При этом натяг посадки имеет наибольшее значение. Сопряжения способны передавать максимальные моменты вращения и осевые нагрузки. Наименьшее — низкое качество сопряжения обеспечивается при наибольшем размере отверстия и наименьшем размере вала. Значит, в данном случае верхний предел производственного качества обеспечивается при  $es, EI$ , а нижний предел — при  $ei, ES$ ;

— в соединениях с зазором (например, в сопряжениях деталей трущихся пар) наивысшие качества сопряжений обычно обеспечиваются при минимальных значениях зазоров, а наименьшее его значение — при максимальных значениях зазоров. Значит, верхний предел производственного качества обеспечивается размерами с отклонениями  $es, EI$ , а нижний предел — с отклонениями  $ei, ES$ .

В обобщенной форме отклонения размеров могут быть расположены выше номинального размера — нулевой линии (1) в обеих сторонах номинального размера (2) и ниже нулевой линии<sup>5</sup> (3) (рис. 3, а). Во всех случаях верхний предел качества может быть определен верхним или нижним отклонениями, а при пересечении допуска нулевой линии (2) еще и номинальным размером.

Выведем аналитические выражения коэффициента производственного качества, применительно к перечисленным вариантам.

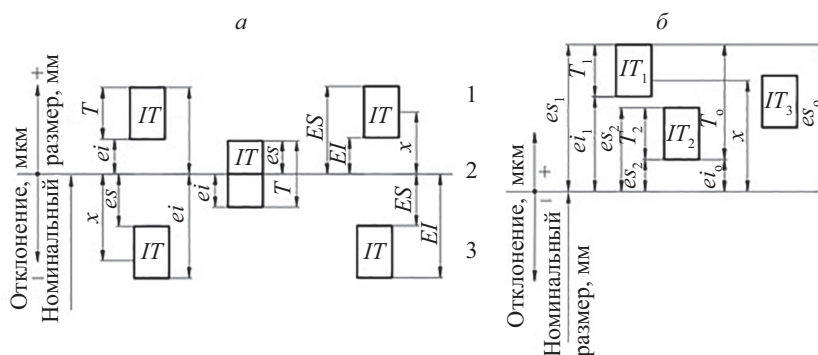


Рис. 3. Схемы расположения допуска (а) и верхних пределов качества (б)

I. Верхний предел качества определяется с верхним отклонением  $es$  (рис. 3, а, (1)). Коэффициент качества выражается формулой (1).

II. Верхний предел качества определяется с нижним отклонением,  $EI$  (рис. 3, а, (3)). При этом:

$$K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{ES - x}{IT} \right) \text{ и } K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{ES - x}{T} \right). \quad (2)$$

III. Верхний предел качества определяется с номинальным размером (рис. 3, а, (2)).

$$K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{IT - |x|}{IT} \right) \text{ и } K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{IT - |x|}{T} \right). \quad (3)$$

Анализ формул (1)–(3) показывает, что в I и II вариантах коэффициент производственного качества изменяется в пределах экстремальных его значений  $0,5 \leq K_k \leq 1$ , а в III варианте при расположении допуска симметрично относительно номинального размера наибольшее значение  $K = 1$ , наименьшее значение  $K_k = 0,75$ .

Детали с одинаковыми назначениями и конструкциями могут быть изготовлены разными предприятиями с разными точностями поверхности, лимитирующими эксплуатационные показатели (рис. 3, б). Так как их назначения, условия эксплуатации и т. п. одинаковы, их производственные качества должны быть оценены и сравнены единым критерием производственного качества, если качественные показатели детали, работающие в паре с оцениваемой деталью, одинаковы во всех сравниваемых вариантах. В подобных случаях принимается общий допуск, охватывающий соответствие вариантов,  $IT_o = T_o$ . При этом коэффициент производственного качества, применительно к вышеуказанным вариантам (I, II и III), определяется следующими формулами:

$$K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{x - ei_{\min}}{IT_o} \right), \quad K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{ES_{\max} - x}{IT_o} \right), \quad K_k = 0,5 \left( 1 + \frac{IT - |x|}{IT_o} \right), \quad (4)$$

<sup>1</sup> ГОСТ 25346-89 (ISO 286-1-88). Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. Введ. 01.01.1990. М.: Изд-во стандартов, 1990. 25 с.

где  $IT_0$  — общий допуск для лимитирующей поверхности,  $ES_0 = ES_{\max}$  и  $ei_0 = ei_{\min}$  — соответственно наибольшее и наименьшее отклонение среди рассматриваемых вариантов,  $es_{\max} = es_1$ ;  $ei_{\min} = ei_2$  (рис. 3, б).

Представленные формулы являются математическими моделями критерия-коэффициента производственного качества, только одним параметром. Если деталь имеет определяющее или лимитирующее собственное качество поверхностей-размеров в количестве  $m$ , тогда его коэффициент производственного качества определится одной из следующих формул:

$$K_k = \frac{1}{2 \cdot m} \sum_{i=1}^m \left( 1 + \frac{x_i - ei_i}{IT_i} \right); \quad K_k = \frac{1}{2 \cdot m} \sum_{i=1}^m \left( 1 + \frac{ES_i - x_i}{IT_i} \right); \quad K_k = \frac{1}{2 \cdot m} \sum_{i=1}^m \left( 1 + \frac{IT_i - |x_i|}{IT_i} \right). \quad (5)$$

Необходимо отметить, что при расположении допусков размеров поверхностей в разных сторонах от номинального размера коэффициенты производственного качества определяются обобщенными формулами, составленными комбинацией формул (5).

Выведены также формулы применительно к случаю, когда производственное качество деталей характеризуется в общем случае с точностями размеров, форм, неровностью поверхностей и т. п., т. е. выведены математические модели критерия-коэффициента производственного качества с учетом разных многочисленных параметров.

Таким образом, зависимости (1)–(5) позволяют оценить производственное качество деталей и изделий в диапазоне коэффициента производственного качества  $K_k = 1 - 0,5$ .

### Оценка ресурса качества изделий

Для схематического описания жизненного цикла изделий применяется петля качества. Она является удобным средством увязки и наглядной демонстрации этапов жизненного цикла изделий, без количественной их оценки.

Каждое изделие и его составляющие обладают некоторым ресурсом качества, который создается в процессе их изготовления. Их первичные ресурсы производственного качества уменьшаются по мере эксплуатации. Для оценки ресурса качества деталей и изделий, а также использования их при эксплуатации разработана ось качества (рис. 4). Шкала оси включает теоретически возможные величины коэффициента производственного качества [0; 1]. На нем показываются фактические коэффициенты производственного качества изделия (детали)  $K_k$  (точка В) и  $K_k$  в момент снятия изделия из эксплуатации (точка А).



Рис. 4. Схема оси качества

Как показано на оси качества (рис. 4), уровень достижения качества при изготовлении определяется положением точки В, а ее значение возможностью эффективного использования изделия. Ось качества позволяет анализировать достигнутое качество изделия (деталей) при изготовлении и его использование при эксплуатации. Она является хорошим средством для оценки и сравнения эффективности использования изделия и его составных частей. Так, достижение качества при изготовлении  $K_{кп}$ , использование (расход) ресурса качества  $K_{ки}$ , недостигнутое — ресурс качества  $K_{кн}$  и остаточное — неиспользованный ресурс качества  $K_{ко}$  определяются следующим образом:

$$K_{кп} = K_{кВ} \cdot 100 \%; \quad K_{ки} = (K_{кВ} - K_{кА}) \cdot 100 \%, \quad K_{кн} = (K_{кС} - K_{кВ}) \cdot 100 \%; \quad K_{ко} = K_{кА} \cdot 100 \%,$$

где  $K_{кВ}$ ,  $K_{кА}$  и  $K_{кС}$  — соответственно значения коэффициента качества, соответствующие точкам А, В и С.

Известно, что технические средства снимаются из эксплуатации обычно из-за полного или частичного расхода ресурса качества (работы) одного из составляющих изделия. При этом остальные составные ее части обладают обычно высоким остаточным ресурсом эксплуатации. Следовательно, эффективность использования изделия становится низким.

Проведем анализ использования производственного качества двух видов деталей одного и того же изделия, лимитирующего их сроки службы, применяя методику составления оси качества. Для этого по-

строим графическое изображение зависимостей между сроками службы и параметрами производственных качеств этих видов деталей. Допустим, что между сроками службы и качествами деталей действует линейная  $K_k = f(x)$  зависимость, для первой детали по прямой 1, для второй детали по прямой 2 (рис. 5). При этом максимально возможные теоретические сроки службы деталей соответствуют максимально возможным производственным их качествам (при  $K_{k1} = 1$  и  $K_{k2} = 1$ ; в обозначениях первый показатель индекса обозначает тип детали, а второй — номер варианта) и равны для первой детали  $F_{1н}$ , а для второй  $F_{2н}$ . Нами  $F_{1н}$  и  $F_{2н}$  названы нормативными сроками службы соответствующих деталей.

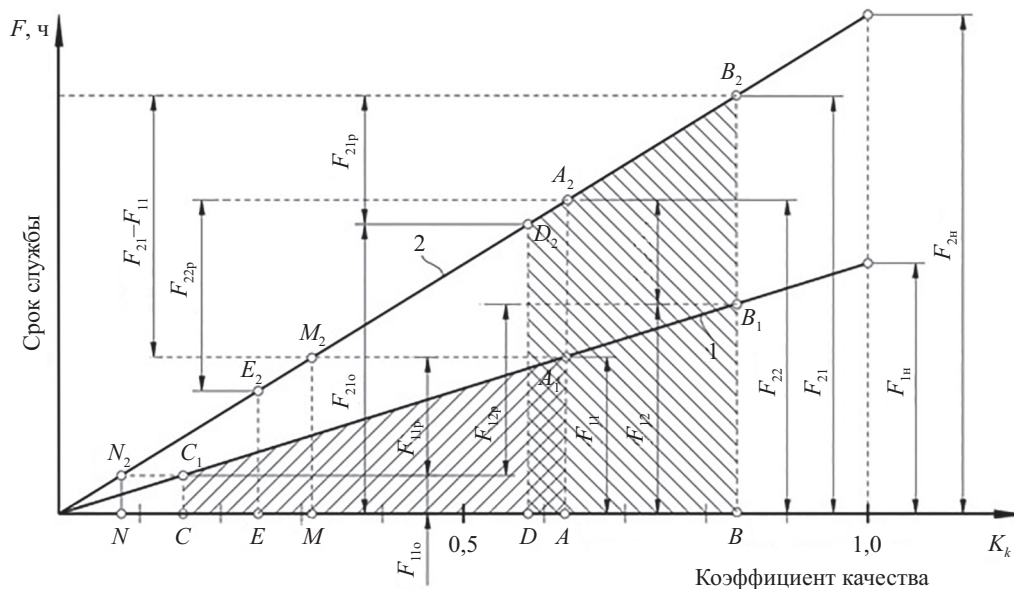


Рис. 5. Зависимости между сроками служб и качеств деталей изделия

Естественно, что  $F_{1н} \neq F_{2н}$ .

Рассмотрим два варианта.

1) Коэффициенты производственного качества деталей равны:  $K_k = 0,63$  (рис. 5; точка A),  $K_{k21} = 0,84$  (рис. 5; точка B).

2)  $K_{k21} = 0,84$  (рис. 5; точка B),  $K_{k11} = 0,63$  (рис. 5; точка A).

В первом варианте, если изделие было снято из эксплуатации после его фактической работы  $F_{11п} = F_{21п}$  часа, тогда оставшаяся часть качества, т. е. оставшийся ресурс качества первой детали составляет  $K_{ko11} = 0,15$  (точка C), для второй детали  $K_{ko21} = 0,57$  (точка D). Очевидно, что эффективность использования второй детали очень низка. В момент снятия изделия из эксплуатации оно обладало остаточным ресурсом качества, соответствующим коэффициенту  $K_{ko21} = 0,57$  (точка D), что даже выше ресурса работы неиспользованной детали, изготовленной с качеством около нижнего допустимого предела. Значит, если эта деталь не подвергнута по остальным показателям качества ощутимых изменений, может быть использована как новая. Кроме того, если осуществляется ремонт изделия и заменяется первая деталь, то можно оставить вторую в эксплуатации.

Анализом схемы, представленной на рис. 5, легко убедиться в том, что достаточно, чтобы вторая деталь имела производственное качество, соответствующее  $K_{k21} = 0,32$  (точка M). В момент снятия изделия из эксплуатации деталь обладала бы остаточным ресурсом качества, соответствующим коэффициенту  $K_{ko21} = 0,07$  (точка N). При этом повышается эффективность производства и использование изделий, если вторая деталь сохраняла бы по другим показателям свое качество выполнять в изделии собственные функциональные назначения.

2. Во втором варианте ( $K_{k21} = 0,84$ ;  $K_{k22} = 0,63$ ;  $K_{k21} > K_{k22}$ ) разницы возможных фактических сроков службы деталей ( $F_{22} - F_{12}$ ) меньше, чем в первом варианте ( $F_{21} - F_{11}$ );  $F_{22} - F_{12} < F_{21} - F_{11}$ . При равных периодах работы (при выводе изделия из эксплуатации),  $F_{21п} = F_{22п}$ , можно обеспечить минимальные остаточные ресурсы качества для обеих деталей. Например, на рисунке остаточные ресурсы для деталей составляют:  $K_{ko12} = 0,15$  (точка C),  $K_{ko22} = 0,24$  (точка E). При этом срок службы изделия (детали) во втором варианте выше по сравнению с первым,  $F_{21п} > F_{11п}$  и  $F_{22п} > F_{21п}$ .

Таким образом, для обеспечения высокой эффективности использования любого изделия в целом, может стать рациональное назначение предельных значений параметров качества деталей и узлов в стадии их проектирования. Это обуславливало бы относительность *эффективного* использования ресурсов производственных качеств изделия в целом и их составных частей.

## Заклучение

Предлагается коэффициент качества  $K_k$  для оценки и сравнения качества деталей. Его значения изменяются в диапазоне  $[0; 1]$  и предусмотрены для производственного качества ( $0,5 \leq K_k \leq 1$  для изменения качества при эксплуатации  $0 \leq K_k \leq 1$ ). Даны аналитические выражения и методика определения  $K_k$  при различных вариантах обеспечения верхнего предела качества, когда эксплуатационное качество деталей лимитируется точностями размеров поверхностей:

— разработана ось качества. Она является удобным средством для выражения коэффициента качества, ресурса использования качества и т.п. изделий и их элементов.

— разработана методика увязки качества деталей и их ресурсы качества с эксплуатационными показателями изделий и пути повышения эффективности использования изделий. Выявлено, что одним из направлений обеспечения высокой эффективности изделий в целом может стать рациональное обеспечение и использование ресурсов производственных качеств их составных частей.

### Литература

1. Горбашко Е.А., Виноградов Л.В., Любаева В.А. Развитие методов оценки качества продукции // Стандарты и качества. 2015. № 10. С. 77–95.
2. Соломахо В.Л., Дад'ков К.И. Комплекс статистических показателей для оценки качества процесса // Стандартизация. 2007. № 1. С. 38–42.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др. М.: Машиностроение, 2003. 912 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова и др. М.: Машиностроение, 2003. 942 с.
5. Кузнецов К.А. Методы, модели и средства повышения эффективности оценки технического состояния и остаточного ресурса технических устройств // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2016. № 1. С. 37–43.
6. Расулов Н.М., Надиров У.М., Гусейнов Г.Р. О качестве изготовления изделий и их долговечности // Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Сб. науч. тр. Кн. 2. Минск, 2013. С. 434–443.
7. Lauro C.H., Brandão L.C., Filho S.M.R., Davim J.P. Quality in the machining: characteristics and techniques to obtain good results / In: Manufacturing Engineering: New Research. Ed. J.P. Davim. New York, Nova Publishers, 2015. P. 51–75.
8. Majda P. Relation between kinematic straightness errors and angular errors of the machine tool // Advances in Manufacturing Science and Technology. 2012. V. 36. N 1. P. 47–53.
9. Плахотникова Е.В., Протасев В.Б. Современные проблемы управления качеством при производстве технических систем // Стандарты и качества. 2015. № 9(939). С. 102–103.
10. Серенков П.С., Соломахо В.Л., Горленко О.А. Методология создания инженерной составляющей системы менеджмента качества с использованием подходов // Вестник Брянского государственного технического университета. 2008. № 3(19). С. 8–17.
11. Расулов Н.М. Управление качеством изделия в процессе его изготовления // Вестник машиностроения. 2013. № 2. С. 83–86.
12. Горбашко Е.А. Обеспечение конкурентоспособности промышленной продукции. СПб.: СПбУЭиФ., 2014. 75 с.
13. Дроздов Ю.Н., Юдин Е.Г., Белов А.И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка в технических системах). М.: Эко-Пресс, 2010. 604 с.
14. Ишин Н.Н., Гоман А.М., Скороходов А.С., Гаврилов С.А. Прогнозирование остаточного ресурса планетарных редукторов // Вестник машиностроения. 2015. № 2. С. 21–25.
15. Расулов Н.М., Надиров У.М., Гусейнов Г.Р. Связи производственных и эксплуатационных показателей качества изделий // Вестник машиностроения. 2014. № 11. С. 85–88.
16. Чалаби И.Г. Оценка показателей надежности современных машиностроительных изделий // Вестник машиностроения. 2014. № 7. С. 54–56.

### References

1. Gorbashko E.A., Vinogradov L.V., Liubaeva V.A. Development of methods of an assessment of product quality. *Standards and Quality*, 2015, no. 10, pp. 77–95. (in Russian)
2. Solomakho V.L., Dad'kov K.I. A set of statistical indicators to assess the quality of the process. *Standartizatsiya*, 2007, no. 1, pp. 38–42. (in Russian)
3. *Handbook of Technologist-Mechanical Engineer*. V. 1. Eds. A.M. Dal'skii, A.G. Kosilova, R.K. Meshcheryakov et al. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2003, 912 p. (in Russian)
4. *Handbook of Technologist-Mechanical Engineer*. V. 2. Eds. A.M. Dal'skii, A.G. Kosilova, R.K. Meshcheryakov et al. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2003, 942 p. (in Russian)
5. Kuznetsov K.A. Methods, models, and means of efficiency improvement in the estimation of the technical condition and residual service life of technical devices. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, 2016, vol. 45, no. 1, pp. 32–37. doi: 10.3103/S1052618815060084
6. Rasulov N.M., Nadirov U.M., Guseynov G.R. On the quality of manufacturing products and their durability. *Modern Methods and Technologies for Creating and Processing Materials*. Minsk, 2013, vol. 2, pp. 434–443. (in Russian)
7. Lauro C.H., Brandão L.C., Filho S.M.R., Davim J.P. Quality in the machining: characteristics and techniques to obtain good results. In *Manufacturing Engineering: New Research*. Ed. J.P. Davim. New York, Nova Publishers, 2015, pp. 51–75.
8. Majda P. Relation between kinematic straightness errors and angular errors of the machine tool. *Advances in Manufacturing Science and Technology*, 2012, vol. 36, no. 1, pp. 47–53.
9. Plakhotnikova E.V., Protasev V.B. Modern problems of quality management in the manufacture of technical systems. *Standards and Quality*, 2015, no. 9, pp. 102–103. (in Russian)
10. Serenkov P.S., Solomakho V.L., Gorlenko O. A. Methodology of quality management systems creation using approaches of compound systems organizational design. *Bulletin BSTU*, 2008, no. 3, pp. 8–17. (in Russian)
11. Rasulov N.M. Make quality control under its production. *Vestnik Mashinostroeniya*, 2013, no. 2, pp. 83–86. (in Russian)
12. Gorbashko E.A. *Ensuring the Competitiveness of Industrial Products*. St. Petersburg, SPbUEF, 2014, 75 p. (in Russian)
13. Drozdov Yu.N., Yudin E.G., Belov A.I. *Applied Tribology: Friction, Wear, Lubrication in Technical Systems*. Moscow, Eco-Press, 2010, 604 p. (in Russian)
14. Ishin N.N., Goman A.M., Skorokhodov A.S., Gavrilov S.A. Forecasting of residual life of epicyclic gearboxes. *Vestnik Mashinostroeniya*, 2015, no. 2, pp. 21–25. (in Russian)
15. Rasulov N.M., Nadirov U.M., Guseynov G.R. Relations between production and operating indicators of products quality *Vestnik Mashinostroeniya*, 2014, no. 11, pp. 85–88. (in Russian)
16. Chalabi I.G. Determination of reliability factors of modern mechanical products. *Vestnik Mashinostroeniya*, 2014, no. 7, pp. 54–56. (in Russian)



**Авторы**

**Расулов Нариман Могбил** — доктор технических наук, профессор, профессор, Азербайджанский технический университет, Баку, АЗ 1073, Азербайджан, ORCID ID: 0000-0003-0114-8819, nariman.rasulov@yahoo.com

**Надиров Угурлу Магоммед** — кандидат технических наук, доцент, доцент, Азербайджанский технический университет, Баку, АЗ 1073, Азербайджан, ORCID ID: 0000-0002-2997-3223, n\_ugurlu@mail.ru

**Authors**

**Nariman M. Rasulov** — D.Sc., Full Professor, Azerbaijan Technical University, Baku, AZ 1073, Azerbaijan, ORCID ID: 0000-0003-0114-8819, nariman.rasulov@yahoo.com

**Ugurlu M. Nadirov** — PhD, Associate Professor, Associate Professor, Azerbaijan Technical University, Baku, AZ 1073, Azerbaijan, ORCID ID: 0000-0002-2997-3223, n\_ugurlu@mail.ru