

УДК 658.562

РОЛЬ КВАЛИМЕТРИИ В ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

© 2014 В.А. Барвинок, А.Н. Чекмарёв, Е.В. Еськина

Самарский государственный аэрокосмический университет имени акад. С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)»

Поступила в редакцию 17.06.2014

Рассматривается задача повышения конкурентоспособности изделий машиностроения на основе квалиметрической оценки: критерии конкурентоспособности изделий машиностроения; факторы, обеспечивающие устойчивую работу предприятия в условиях глобального рынка; квалиметрический инструмент при оценивании качества изделий машиностроения по моделям профилей качества Н. Кано. Предложена потребительская система оценки баз сравнения и дана методика квалиметрической оценки качества изделий машиностроения.

Ключевые слова: *качество, квалиметрия, конкурентоспособность, база сравнения, методика, модель*

Удовлетворение требований потребителя и достижение предприятием лидирующих позиций на рынке обеспечивается выбором конкурентоспособной продукции. В этой системе основополагающим является их потребительская ценность, которая целиком зависит от потребностей конкретной группы потребителей, от потребителей также зависит и результат оценки качества продукции. Теоретическим источником оценивания качества продукции является сравнительно новое направление науки – квалиметрия [1, 2]. Квалиметрия даёт методике выполнения всех операций и некоторый общий подход к получению количественных оценок качества. В условиях России при отсутствии традиций организации борьбы за рынок квалиметрия предлагает направляющую концепцию и средства создания конкурентоспособной продукции, помогает выполнить анализ рынка и прогноз потребительских требований к ней.

Изделия машиностроения (ИМ) являются исторически первым объектом, к которому были применены методы зародившейся квалиметрии.

Барвинок Виталий Алексеевич, чл.-корр. РАН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении. E-mail: barvinok@ssau.ru
Чекмарёв Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении
Еськина Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении

В статье [3] авторы указывали, что промышленная продукция является основной областью применения количественных методов оценивания качества, которые для ИМ недостаточно проработаны. Причинами низкой проработанности области количественной оценки ИМ можно назвать следующие:

- отсутствие единого подхода к моделированию процессов;
- зависимость параметров процесса от стратегии развития организации, а также модели процесса;
- потребительская система оценки качества под действием рынка претерпевает ряд изменений.

В настоящее время состояние квалиметрии характеризуется наличием большого числа методик оценивания качества продукции, что свидетельствует о двух моментах: во-первых, проблема оценивания является сложной и многоаспектной и, во-вторых, отсутствуют методы количественного оценивания качества, в частности, ИМ. С другой стороны, при внедрении методов оценивания качества в рамках системы менеджмента качества (СМК) необходимо учитывать технологические возможности предприятия, обеспечивающие поддержку конкурентоспособности.

Анализ работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных проблеме оценки качества продукции в условиях глобального рынка, позволяет сделать вывод о недостаточно концентрированном изложении повышения конкурентоспособности ИМ на основе квалиметрической оценки, а также отсутствии

методики потребительской оценки качества продукции, знание состояния которой позволило бы производителю проводить оценку качества в единицах удовлетворённости и принимать оптимальные управленческие решения по повышению качества с целью обеспечения её конкурентоспособности. Актуальность данной проблемы на современном этапе развития рыночной экономики, вступления России в ВТО обуславливается острой необходимостью быстрой реакции производителей на постоянно меняющиеся требования потребителей на всех этапах производства, чтобы в кратчайшее время достичь требуемого уровня конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Актуальность повышения конкурентоспособности (качества) ИМ. Основным средством достижения конкурентоспособности является качество выпускаемой продукции, а единственный путь стабильного его обеспечения – совершенствование СМК, соответствующие требованиям международных стандартов ИСО серии 9000-2008. Одно из основных требований этих стандартов – поставщик должен представить доказательства, что он способен обеспечивать определенное качество выпускаемой продукции. Никакая СМК продукции не может эффективно функционировать без оценки качества продукции. При этом квалиметрическая оценка качества представляется одним из обязательных атрибутов рыночных отношений. Она позволяет определить конкурентоспособность и возможность сбыта продукции, установить взаимосвязь качества и цены, проводить анализ качества процессов производства, определить пути совершенствования продукции и сокращения затрат, позволяет производителю проводить оценку качества продукции в единицах удовлетворённости. СМК необходимо рассматривать как средство, обеспечивающее устойчивое положение предприятия на рынке.

Из анализа опубликованных работ [4-6] можно выделить 7 факторов, которые обеспечивают устойчивую работу предприятия в рыночных условиях и позволяют выпускать конкурентоспособную продукцию:

- ориентация на рынок;
- приверженность к решению задач, связанных с качеством;
- восприимчивость организации к нововведениям;
- формирование обратных связей с потребителями, поставщиками, персоналом, конкурентами;
- создание групп качества для продвижения новых идей;
- обеспечение адаптации произведенной системы к рыночным условиям через информационные механизмы управления;

- эффективное внедрение и использование на предприятии МС ИСО серии 9000, принципов TQM.

Характеристиками глобального рынка являются свободное продвижение товара, насыщенность товарами одного и того же функционального назначения, осведомлённость потребителя, изменчивость рынка. Эти характеристики фактически определяют критерии конкурентоспособности товаров и их приоритетность. Можно отметить следующие критерии (показатели) конкурентоспособности: качество продукции, цена товара, сроки поставки, стоимость эксплуатации, удобство обслуживания, доверие к товару.

Конкурентоспособность изделия в наибольшей степени определяется следующими основными показателями: F – показатели функциональных и потребительских свойств изделия; Q – показатели качества этих свойств; C – показатели потребительской стоимости изделия. При этом индекс конкурентоспособности изделия определяется как свертка:

$$I = \alpha_1 F + \alpha_2 Q + \alpha_3 C, \quad (1)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – весовые коэффициенты показателей F, Q, C , соответственно, при выполнении условия $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$.

Качество продукции имеет самый высокий приоритет, определяется не только совокупностью объективных факторов, но и многими случайными и систематическими факторами. Оценка качества продукции опирается на технико-экономическую природу качества продукции и используется при его формировании и систематическом улучшении в соответствии с ростом потребностей. При этом при определении состава свойств, характеризующих качество продукции, выборе и обосновании номенклатуры показателей качества (ПК) следует исходить из принципиального положения о том, что свойства продукции проявляются во взаимодействии компонентов системы «человек – продукция – среда» на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ).

При определении состава свойств и ПК продукции как объекта оценки необходимо учитывать все возможные технические, экономические и социальные аспекты его проявления, поскольку при взаимодействии производителя и потребителя первостепенное внимание обращается на характер воздействия продукции на удовлетворение потребностей. По этому основополагающему признаку всю совокупность свойств, образующих качество продукции, следует разукрупнить на три множества.

Множество свойств продукции, определяющих полезный эффект при её потреблении (эксплуатации). К ним относятся функциональная пригодность, надёжность, эргономичность и эстетичность. Множество свойств продукции, определяющих затраты на её создание и потребление (эксплуатацию). К ним относятся свойства, выражающие технологичность продукции в сферах её изготовления, контроля, а также потребление ресурсов при непосредственном использовании продукции по назначению. Третье множество – множество свойств продукции, определяющих её воздействие на природу – образуют природоохранные свойства продукции, к которым относятся её безопасность и экологичность.

Качество продукции изменяется динамически на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ), которое раскрывается как изменение интенсивности свойства и соответственного интенсивного качества во времени, т.е. имеет смысл системного исследования: качество процесса продуцирует качество результата. Тогда при переходе от одного этапа ЖЦИ к последующему:

- конкурентоспособность продукции с изменением номенклатуры товарного ряда снижается;
- переход от стадии проектирования к стадии производства является наиболее объективным моментом в обеспечении конкурентоспособности продукции;
- модернизация продукции и её доработка являются факторами, снижающими конкурентоспособность продукции.

Понятия конкурентоспособности продукции и конкурентоспособности предприятия напрямую связаны с вопросами повышения качества. При этом перед предприятием должны стоять три задачи:

- достигать и поддерживать качество изделий на уровне, обеспечивающем постоянное удовлетворение потребителя;
- обеспечивать уверенность в том, что намеченное качество достигается и поддерживается на заданном уровне;
- обеспечивать потребителю уверенность в том, что намеченное качество поставляемых изделий достигается или будет достигнуто.

Методы повышения качества при изготовлении ИМ включают в себя обязательные этапы – формирование номенклатуры показателей качества (ПК) и оценку качества изготовления ИМ.

Формирование и оценка ПК. Разнообразие ПК ИМ [7] свидетельствует об отсутствии единого подхода к определению качества ИМ, о сложности самого понятия и затруднениях с его оценкой. Всё это не даёт возможности

предъявить единые требования к ИМ и сказывается на методах оценки их. Показатели качества ИМ разнообразны и многочисленны, однако для каждого вида или отдельной их группы можно указать некоторый перечень наиболее существенных показателей, определяющих уровень качества. В работе [8] изложен подход, позволяющий определить необходимое количество и номенклатуру ПК в каждом конкретном случае в зависимости от характера ИМ, его назначения и требований, предъявляемых к нему в эксплуатации. Обоснование выбора номенклатуры ПК изделий должно проводиться на основании [2, 8]:

- назначения и условий использования ИМ;
- анализа требований потребителей;
- задач управления качеством ИМ;
- состава и структуры характеризуемых устройств;
- основных требований к ПК.

Окончательный выбор номенклатуры ПК для конкретного ИМ производят с учётом требований конкретных потребителей и на основе анализа отечественных, зарубежных и международных стандартов, определяющих требования к аналогичному объекту, промышленных каталогов, патентов и других источников информации. Оценка ПК ИМ в подавляющем числе случаев проводится с привлечением опыта и знаний экспертов. Привлечение экспертов производителями обусловлено необходимостью учёта потребительских предпочтений, которые более строго могут быть развёрнуты в потребительскую систему оценки качества продукции, которая в соответствии с работой [2] выглядит следующим образом:

$$S_r = \langle S_b, O_b, B_s, \theta_{sr} \rangle, \quad (2)$$

где S_b – субъект оценки (потребитель); O_b – объект оценки (продукция); B_s – база сравнения (база оценки); θ_{sr} – оператор сравнения (предпочтения).

Итогом работы экспертов является перечень единичных и (или) комплексных показателей; который должен адекватно отражать потребительские требования, ранжированные в порядке их приоритетности. Проецируя созданный перечень ПК на профиль качества продукции, эксперты коэффициентами весомости разукрупняют его на три уровня профиля качества в соответствии с моделями профиля качества Н. Кано:

- базовый – это те ПК, которые для потребителя являются обязательными и они ими не озвучиваются (малое значение коэффициента весомости);
- требуемый – ПК, которые оцениваются потребителем напрямую. Как правило, они отражают

функциональную сторону продукции (среднее значение коэффициента весомости);
 - желаемый – ПК, определяющие для потребителя неожиданные ценности, о которых потребитель не мог и мечтать (высокий уровень весомости).

Потребительская система оценки качества (2) под действием рынка потребительской продукции претерпевает ряд изменений. При этом в наибольшей степени подвергаются изменению такие составляющие, как объект оценки O_b и база сравнения B_s . Производителю важно отслеживать состояние данной системы, что позволило бы ему уже на стадии внедрения инноваций провести оценку продукции в единицах удовлетворённости и в соответствии с этим принимать оптимальные решения по повышению качества продукции. Преимуществом использования потребительской базы сравнения является то, что она имеет ряд уровней, которые позволяют потребителю отнести по интенсивности ПК данную характеристику к тому или иному уровню профиля качества, и тем самым обусловить отклик – от недовольства до высокой удовлетворённости. В результате исследований было выявлено, что оценка ПК, рост которого нежелателен в продукции (неполезный ПК), может быть представлен зависимостью (рис. 1) уровня удовлетворённости (отклик потребителя) от информации от ПК (интенсивности ПК).

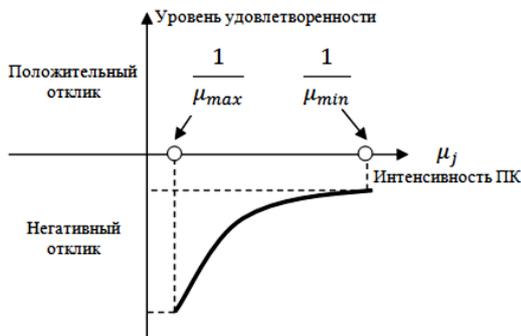


Рис. 1. Отклик потребителя на информацию о неполезном свойстве. База сравнения ПК: $1/\mu_{min}$ – порог минимальной чувствительности; $1/\mu_{max}$ – точка насыщения

Оценка ПК, рост которого желателен в продукции (полезный ПК), определяется зависимостью (рис. 2). Для осуществления оценки используются две реперные точки μ_{min} и μ_0 , которые позволяют потребителю различать уровни – базовый, требуемый и желательный.

Оценка ПК, рост которого безразличен (нейтральный ПК), определяется зависимостью в соответствии с видом кривой, приведенной на рис. 3. Наибольший положительный отклик возможен при достижении ПК оптимального значения.

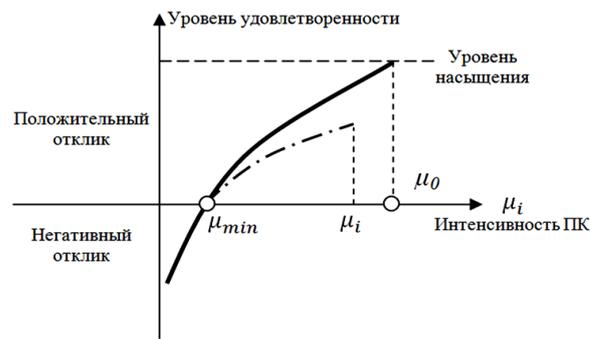


Рис. 2. Отклик потребителя на информацию о полезном свойстве. База сравнения ПК: μ_{min} – порог чувствительности; μ_0 – точка насыщения

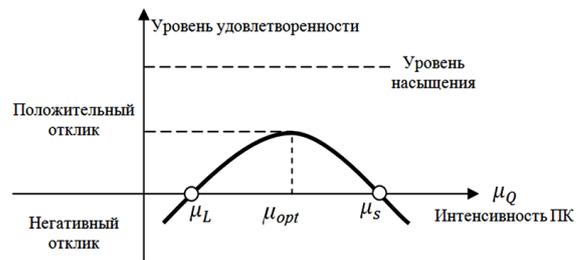


Рис. 3. Отклик потребителя на информацию о нейтральном свойстве. База сравнения ПК: μ_s , μ_L – границы положительного отклика; μ_{opt} – оптимальный уровень показателя

Для каждого вида оценки построены математические модели отклика потребителя на воздействие каждого типа ПК [9]. Таким образом, потребитель, обладая базой сравнения для каждого ПК продукции, состоящей из соответствующих реперных точек:

- порога чувствительности μ_{min} и точки насыщения μ_0 – для оценки односторонних возрастающих ПК (полезных ПК);
- точки насыщения и порога минимальной чувствительности – для оценки односторонних убывающих ПК (неполезных ПК);
- граничными уровнями μ_s , μ_L и оптимальным уровнем μ_{opt} – для оценки двусторонних (симметричные и несимметричные) ПК (нейтральных ПК);

может выделить критерии формирования уровней профиля качества продукции (рис. 4) следующим образом. Базовый уровень профиля качества может наполняться всеми видами ПК в зависимости от их интенсивности. Основу базового уровня составляют неполезные ПК и полезные ПК с уровнем интенсивности меньшим или равным порогу чувствительности. Требуемый уровень формируется в основном за счёт полезных ПК. Вклад нейтральных ПК незначителен. Желаемый уровень определяется полезными ПК с высоким уровнем интенсивности относительно существующего порога насыщения.

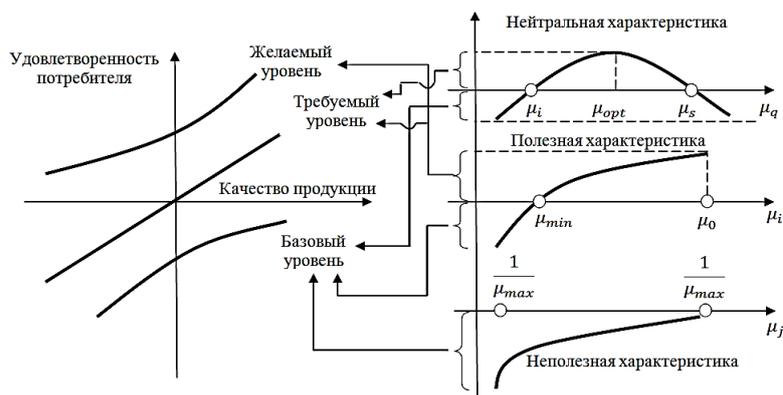


Рис. 4. Формирование уровней профиля качества

Методика квалитметрической оценки ИМ. Актуальность проблемы создания и внедрения методики оценивания качества (МОК) обусловлена следующими факторами:

- технология оценивания качества ИМ требует высокой теоретической подготовки, соответствующего методического и информационного обеспечения;
- отсутствует нормативная база, определяющая требования к МОК и их созданию;
- большинство предприятий ИМ не имеет достаточного опыта и профессиональной подготовки для самостоятельного создания и внедрения МОК.

В основу предлагаемой МОК закладывается системный подход к выбору модели процесса квалитметрического оценивания, обеспечивающий согласованность процедур на различных этапах оценивания, принцип экспертного оценивания. Для достижения высокой конкурентоспособности ИМ может быть рекомендована МОК, содержащая последовательно выполняемые этапы: целеполагание, определение ситуации оценивания, построение «дерева свойств», формирование оценочных шкал, определение ПК, определение коэффициентов весомости, оценка уровня качества.

Целеполагание – осознание и формирование целей оценивания, которые отражаются в выборе целевой функции оценки. Целевая функция может использоваться как критерий оптимизации при постановке и решении соответствующих задач, а главное, позволяет своевременно и всесторонне принять обоснованное управленческое решение по повышению качества ИМ.

Ситуация оценивания – слабо формализованное описание условий существования и использования объекта потребления (ИМ), необходимое для разработки алгоритма оценивания качества. Ситуацию оценивания определяют для того, чтобы правильно определить состав свойств, образующих качество. При этом следует

провести наиболее подробное описание группы однородных объектов, к которым принадлежит оцениваемый объект; составить описание жизненного цикла изделия и особенно детально описать те этапы, на которых будет произведено оценивание качества.

Построение «дерева свойств» имеет большое значение, так как при неправильном выполнении составляющих его процедур результаты оценивания качества, полученные с помощью некорректно построенного «дерева», могут оказаться неверными. При этом ошибка может проявляться в любой шкале, в которой будут выражаться значения ПК.

Правила, регламентирующие структуру группы свойств:

- необходимость и достаточность числа свойств в группе для адекватного описания сложного свойства, расположенного на «дереве свойств» на один ярус ниже;
- единый признак деления для свойств в группе;
- минимум свойств в группе (не более 7-9);
- случайный характер расположения свойств в группе.

В соответствии с этими правилами для большинства объектов ИМ начальные уровни «дерева свойств» могут быть получены как частные случаи «дерева общих свойств» [9]. Формирование оценочных шкал является важным звеном разработки. Поскольку квалитметрия имеет дело с показателями, ранее не подвергавшимся измерению, то создание шкал является самостоятельной задачей. Более подробно квалитметрические шкалы рассматриваются в [1, 8].

Определение ПК. Многообразие видов объектов, а также многообразие видов задач, решаемых с использованием ПК, вызвало необходимость систематизации и классификации характеристик и параметров, описывающих свойства любого объекта. Потребительские показатели бывают единичные и комплексные. Единичные – это те, которые можно измерить

непосредственно (инструментально или экспертно). Единичные показатели объединяют в однородные группы, каждая из которых служит основой для расчёта комплексного показателя. Выбор номенклатуры показателей качества и методы определения их значений рассмотрены в работах [9,10].

Определение коэффициентов весомости.

После того как разработаны оценочные шкалы измерения единичных показателей, выбирают способ оценивания их относительной значимости (весомости) для комплексной оценки качества ближайшего по «дереву свойств» уровня. Также происходит оценивание коэффициентов весомости комплексных показателей, входящих в общую группу, для показателя качества следующего уровня и т.д. Методы определения коэффициентов весомости изложены в [8]. Оценка уровня качества в общем случае может проводиться как по всей совокупности её функциональных, ресурсосберегающих и природоохранных свойств с учётом стадий жизненного цикла изделий, так и дифференцировано. Результат дифференциальной оценки представляется по каждому оценочному показателю, который в общем виде рассчитывается по формулам.

Линейная зависимость:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_{i\text{баз}}}, \quad (3)$$

$$K_i = \frac{Q_{i\text{баз}}}{Q_i}, \quad (4)$$

где K_i – относительный ПК i -го свойства; Q_i – значение i -го ПК; $Q_{i\text{баз}}$ – значение i -го базового показателя.

Выбирают формулу (3) или (4), при которой увеличение относительного показателя K_i соответствует повышению качества продукции.

Нелинейная зависимость:

$$K_i = \frac{Q_i - Q_{i\text{баз}}}{Q_{\text{баз}} - Q_{i\text{бр}}}, \quad (5)$$

где $Q_{i\text{бр}}$ – показатель брака.

Задача оценки уровня качества может быть сведена к задаче комплексных оценок ПК объекта, состоящей в сопоставлении оцениваемой продукции и базовых образцов по одному комплексному показателю, обобщающему совокупность показателей одной классификационной группировки. Результат оценки представляется в виде единого обобщенного показателя, который может быть определён по формуле

$$K_i = \sum_{i=1}^n K_i M_i, \quad (6)$$

где M_i – коэффициент весомости i -го ПК; $i=1, \dots, n$ – количество свойств (ПК) объекта.

При применении предлагаемой МОК к ИМ в том случае, когда невозможно определить главный ПК для оценки ИМ, применяют средневзвешенные показатели.

Средний взвешенный квадратический применяется в методе наименьших квадратов:

$$K_i = \sum_{i=1}^n K_i^2 M_i^2, \quad (7)$$

Средний взвешенный геометрический является наиболее универсальным, применяется при получении комплексного показателя неоднородных ПК, имеющих значительный разброс:

$$K_i = \text{ПК}_i^{M_i}, \quad (8)$$

Для того, чтобы в комплексных ПК низкие значения одних показателей не могли компенсировать значения главных свойств качества ИМ высокими значениями второстепенных, вводят особую функцию $\varphi(\rho_j)$:

$$K' = \varphi(\rho_j) K, \quad (9)$$

которая при определенных условиях обращается в ноль, тем самым обращая в ноль комплексный показатель качества K . Эта функция носит название коэффициент «вето» или функция эффективности сохранения [1].

Выводы:

1. Предложено повышение конкурентоспособности ИМ в условиях глобального рынка путём использования методологии квалиметрической оценки качества, позволяющей производителю выявлять наиболее важные характеристики ИМ с точки зрения потребителя, определять эффективность собственных потенциальных конкурентных преимуществ в данной системе ценностей.

2. Предложена экспертная МОК, позволяющая производителям ИМ оценивать качество продукции с выявлением её конкурентных преимуществ.

3. Разработана методика формирования уровня профиля качества продукции в процессе производства ИМ, позволяющая осуществлять непрерывное повышение качества при соответствии характеристик продукции базовому и требуемому уровням профиля качества Н. Кано и вводить инновации для достижения желаемого уровня профиля качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Азгальдов, Г.Г.* Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М.: Экономика, 1982. 256 с.
2. *Андреанов, Ю.М.* Квалиметрия в приборостроении и машиностроении / *Ю.М. Андреанов, А.И. Субетто.* – Л.: Машиностроение, 1990. 216 с.
3. *Гличёв, А.В.* Квалиметрия – наука об измерении качества // *Стандарты и качество.* 1968. №1. С. 23-29.
4. *Барвинок, В.А.* Менеджмент качества в машиностроении: системы, методы, инструменты: учеб. пособие под общ. ред. чл.-корр. РАН *В.А. Барвинка / В.А. Барвинок, В.Е. Годлевский, Е.А. Стрельников.* – М.: Наука и технологии, 2008. 384 с.
5. *Барвинок, В.А.* Основы обеспечения качества сложных изделий в процессе производства / *В.А. Барвинок, А.Н. Чекмарёв, А.И. Рыжков* // *Проблемы машиностроения и автоматизации.* 1997. №3-4. С. 70-74.
6. *Чекмарёв, А.Н.* Проблема обеспечения точности качества продукции / *А.Н. Чекмарёв, Р.В. Буткевич, Л.П. Платошин* // *Проблемы машиностроения и автоматизации.* 2006. №1. С. 29-36.
7. *Барвинок, В.А.* Стандартизация и качество изделий машиностроения в свете федерального закона «О техническом регулировании» / *В.А. Барвинок, А.Н. Чекмарёв, Л.П. Платошин* // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2005. Т.7, №2. С. 464-468.
8. *Чекмарёв, А.Н.* Квалиметрия и управление качеством. Ч.1. Квалиметрия: учеб. пособие. – Самара: Изд-во СГАУ, 2010. 172 с.
9. *Хвастунов, Р.М.* Квалиметрия в машиностроении: учебник / *Р.М. Хвастунов, А.Н. Феофанов, В.М. Корнеева, Е.Г. Нахатетян.* – М.: Изд-во «Экзамен», 2009. 285 с.
10. *Чекмарёв, А.Н.* Оценка качества продукции на динамически развивающихся рынках / *А.Н. Чекмарёв, Р.В. Буткевич* // *Методы менеджмента качества.* 2007. №12. С. 31-37.

THE ROLE OF QUALIMETRY IN ENHANCING THE COMPETITIVENESS OF PRODUCTS OF MECHANICAL ENGINEERING

© 2014 V.A. Barvinok, A.N. Chekmaryov, E.V. Eskina

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov
(National Research University)

The problem of increase of competitiveness of products of mechanical engineering on the basis of a qualimetric assessment considered: criteria of competitiveness of products of mechanical engineering; the factors ensuring steady functioning of the enterprise in the conditions of the global market; the qualimetric tool at estimation of quality of products of mechanical engineering on models of profiles of quality of N. Kano. The consumer system of an assessment of bases of comparison of products of mechanical engineering is offered. The technique of competitiveness of an assessment of quality of products of mechanical engineering is given.

Keywords: *quality, qualimetry, competitiveness, database comparison, methodology, model*

Vitaliy Barvinok, Corresponding Member of RAS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Aircraft Manufacturing and Quality Management in Mechanical Engineering. E-mail: barvinok@ssau.ru
Anatoliy Chekmaryov, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Aircraft Manufacturing and Quality Management in Mechanical Engineering
Elena Eskina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Aircraft Manufacturing and Quality Management in Mechanical Engineering