

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ЕДИНОГО КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА

О.Ю. Завозина

zaitseva.ou@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Основным показателем эффективности организации машиностроительного производства является стабильный спрос на продукцию предприятия в долгосрочном периоде. На спрос влияют две основные характеристики: качество и рыночная цена продукции. Соотношение этих двух характеристик должно быть оптимальным для каждого вида производимой продукции. Рассмотрен подход к оценке положения продукции на рынке на основе анализа соотношения цены и качества. Целью исследования является разработка методики определения эффективности организации машиностроительного производства по характеристикам изделия, оцененным в системе единого критерия качества. Предложен метод расчета единого критерия качества для широко распространенной продукции машиностроения. Научная новизна работы заключается в новой форме записи критерия качества в виде единого критерия, учитывающего вектор весовых коэффициентов значимости продукции по отраслям промышленности; оригинальности метода приписывания баллов для расчета этого вектора. Установлено, что в общей массе производителей зависимость единого критерия качества от цены продукции представлена в виде S-образной кривой. Проведен анализ рынка подшипников и выявлены аналоги для исследования уровня качества. Выполнен расчет критерия для показателей качества продукции среди аналогов. На основе полученных расчетов единого критерия составлена зависимость между ценой и качеством изделия в виде уравнения Ферхюльста. Данные приведены в виде графика логистической функции. На примере российского производителя подшипников даны конкретные

Ключевые слова

Организация производства, единый критерий качества, продукция машиностроения, соотношение цены и качества продукции, эффективность производства

рекомендации по улучшению соотношения цены и качества по определенным параметрам. Выполнена оценка эффективности организации производства конкретного машиностроительного предприятия

Поступила 22.05.2020

Принята 14.09.2020

© Автор(ы), 2021

Введение. При организации машиностроительного производства первоочередная задача — это обеспечение стабильного сбыта продукции по фиксированной цене. При этом основным критерием востребованности продукции потребителем является соотношение ее цены и качества. Цена на изделие устанавливается изготовителем. Верхняя граница цены определяется рынком, нижняя — издержками производства. Уровень качества изделия машиностроения, как правило, определяется субъективно на основе мнений экспертов, которые оценивают соответствие множества параметров изделия техническим требованиям в сфере его применения. В связи с этим для получения количественной оценки соотношения цены и качества необходим единый критерий качества, являющийся функцией характеристик изделия и условий его эксплуатации. Анализ структуры единого критерия качества позволяет определять набор организационно-производственных мероприятий для стабилизации сбыта продукции и поддержания конкурентоспособности производства [1].

С точки зрения потребителя соотношение цены и качества является основным критерием выбора продукции из ряда аналогов. Оптимальное соотношение может быть показано с помощью S-образной кривой для функции Ферхюльста. Критерием оптимизации может выступать отношение теоретического положения уровня качества продукции на графике функции к реально достигаемому. Несмотря на множество точных методов определения цены продукции машиностроения, оценить качество технического изделия сложно из-за ряда факторов.

Во-первых, уровень качества одной и той же продукции различных отраслей промышленности варьируется. Машиностроительная продукция имеет множество характеристик, значимость которых зависит от условий эксплуатации и области применения. Например, для одного и того же изделия такой параметр, как масса может иметь разную степень значимости. В области авиастроения или космической промышленности масса должна быть минимальной, а в сфере общего машиностроения масса может не сильно влиять на общее качество изделия.

Во-вторых, представление такого параметра, как качество, в численном виде осложнено разнородностью включенных в него показателей.

Выборка ключевых показателей основывается на экспертном анализе и имеет погрешность с некоторой вероятностью [2].

В связи с этим становится актуальной задача разработки единого критерия качества, который бы выражался количественно в одном числе для оценки соотношения цены и качества. Определенная зависимость между ценой и качеством для конкретной продукции может быть скорректирована в соответствии с рыночным спросом. Следовательно, задача формулировки единого критерия имеет важность при определении оптимальной цены на продукцию. С другой стороны, при невозможности изменения цены, анализируя структуру критерия, можно найти узкие места и реорганизовать машиностроительное производство, повысив значение важнейших для отрасли сбыта показателей продукции. Однако если параметр качества не удастся увеличить с помощью организационных мер, то необходимо снизить цену и заняться оптимизацией производственных затрат.

Постановка задачи. Для решения поставленной задачи предлагается разработать *единый критерий уровня качества* изделия продукции машиностроения. Единый критерий разрабатывается на основе комплексного показателя качества [3]. Существует ряд способов расчета уровня качества продукции. Самым распространенным из-за универсальности применения является комплексный показатель качества. Однако комплексный показатель существует без привязки к особенностям конкретной отрасли. С помощью комплексного показателя можно учитывать внутриотраслевые нормы лишь обобщенно, без возможности отрегулировать значимость параметров, интересующих конкретного заказчика [4]. Это делает его менее чувствительным к особенностям различных рынков сбыта. Единый критерий — более точный, чем комплексный, и применим к широкой области машиностроительной продукции.

В начале исследования необходимо выбрать параметры, влияющие на качество изделия и найти их значения. Как правило, для выборки находят показатели назначения, надежности, технологичности и безопасности, а также экономические параметры. В ряде случаев можно учитывать показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и экологичности*.

Для оценки положения исследуемой продукции на рынке необходимо сделать такую же выборку данных по показателям у конкурирующих производителей и определить соответствующее им значение единого

* ГОСТ 22851–77. Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. Основные положения.

уровня качества. По этим данным можно выявить закономерность, по которой устанавливается уровень качества на определенном рынке.

Типы производителей по уровню качества продукции. Для промышленного производства характерны большие издержки, которые закладываются в стоимость изделий. Затраты можно снизить за счет выпуска менее качественной продукции, худшей по ряду параметров. Можно подобрать, какие именно характеристики не столь важны для потребителя, и уменьшить показатели по ним.

Этот подход разделит продукцию промышленных производств на два типа: продукция широкого потребления и продукция специального назначения.

Продукция широкого потребления характеризуется низкой ценой. Такие изделия имеют базовые характеристики. Предприятие затрачивает меньше средств на производство, нанимая персонал невысокой квалификации и используя недорогие материалы и комплектующие. Также у таких предприятий могут отсутствовать испытания на ресурс изделия, мало собранных данных об отказах и недостаточно развита техническая поддержка. Сокращение издержек также может быть за счет неэкологичного производства с применением опасных химических веществ и использованием вредных материалов.

Продукция специального назначения является продукцией высокого качества и реализуется по большей цене, чем продукция широкого потребления. Предприятию выгодно вкладывать средства в развитие бренда. Накопленный опыт производства и испытаний продукции также учитывается в итоговой стоимости. Организация высококачественного производства требует большого вложения ресурсов на такие статьи расходов, как закупка и обслуживание прецизионного оборудования, проведение исследований, найм высококвалифицированных производственных рабочих, использование наиболее подходящих материалов и комплектующих. Предприятия, ориентированные на выпуск высококачественной продукции, назначают гарантийный срок и проводят сервисное обслуживание от производителя.

Результаты анализа характеристик основных производителей. Рассмотрим данную классификацию на примере распространенного изделия в области машиностроения — подшипника. Объем продаж на мировом рынке подшипников в 2019 г. составил 101 млрд долларов США [5]. Широко известным ведущим производителем подшипников является шведская компания SKF, которая занимала 35 % мирового рынка в 2019 г. Подшипники SKF считаются высококачественным изделием. К производителям,

выпускающим изделия высокого качества, также относятся: SNR — крупный производитель европейской подшипниковой промышленности, INA (Германия), NSK (Япония), NTN (Япония), Kooyo Toyota (Япония), Timken (США), отмеченные на диаграмме (рис. 1).

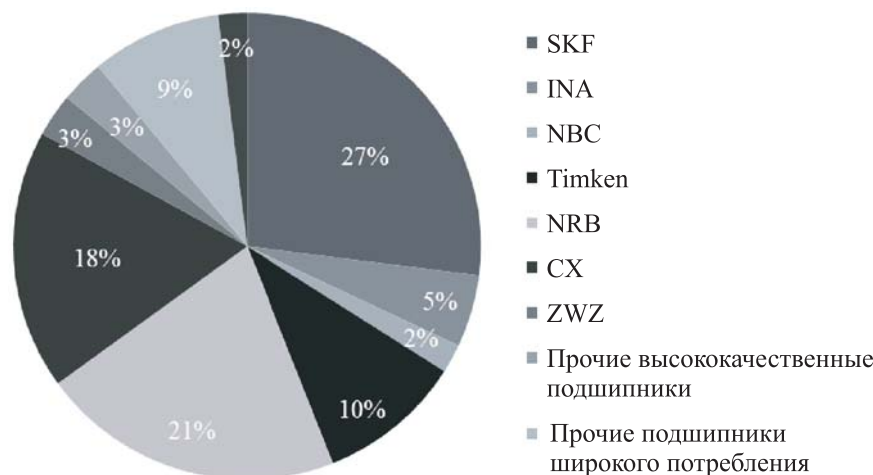


Рис. 1. Доля объема продаж производителей подшипников в 2019 г. на мировом рынке

Почти половину рынка подшипников занимают китайские производители: CX, ZWZ, HRB, LYC и др. Подшипники китайских компаний из-за малого ресурса считаются менее качественными. Однако продажи этих подшипников растут, что показывает высокую заинтересованность потребителей в низком ценовом сегменте**. Также отмечается плавный переход некоторых китайских компаний в ряд высококачественных производств, поскольку происходит естественное накопление опыта производства и своевременное улучшение изделий. Например, подшипники ступицы колес, производимые фирмой GSP, входят в десятку лучших в мире и часто служат для замены аналогичных подшипников ступицы, производимых шведской компанией SKF.

Доля российских производителей подшипников на мировом рынке крайне мала и составляет не более 2 % всей реализуемой продукции. В настоящее время в России объемы производства подшипников снижаются — в первой половине 2019 г. производство подшипников сократилось на 14 % [6], ранее, в 2018 г. производство подшипников было сокра-

** Решение Коллегии ЕЭК от 21.08.2018 г. № 139 «О продлении действия антидемпинговой меры в отношении подшипников качения, происходящих из КНР».

щено на 6 %. Все большую долю рынка у российских производителей отнимают зарубежные конкуренты. Преимуществом азиатских компаний, в том числе китайских, перед российскими производителями является узкая номенклатура изделий, что позволяет обращаться к определенным целевым рынкам и оптимально использовать производственные мощности, в то время как российские производители придерживались принципа диверсификации номенклатуры изделий. Ввиду сложности обеспечения многоцелевого производственного процесса в связи с продолжительным экономическим кризисом в России произошла потеря надлежащего уровня качества [7]. Для возвращения доли рынка российским производителям необходимо повышать конкурентоспособность за счет улучшения определенных характеристик и существенно сокращать затраты на производство.

Для расчета единого критерия качества продукции рынка подшипников рассмотрим широко используемый в автомобилестроении подшипник ступицы колес — радиально-упорный шариковый двухрядный с внутренним диаметром 20 мм.

Выборка подшипников приведена в табл. 1. Выборка проводилась по типу подшипника 3204. Для исследования выбраны следующие подшипники: SKF 3204ATN9, FAG BD 3204, FKL 3204B-2RS1, ISB 3204-2RS, Craft 3204-2RS, NIS 3204-2RS и CX 3204-2RS (3 обозначает тип подшипника, 2 — серию и 04 — диаметр (20 мм) вала под посадку подшипника). У российских производителей маркировка такого же подшипника 3056204 следующая: ГПЗ 3056204, ГПЗ 3056204 2RS и СПЗ 3056204, а у американских и японских — 5204: SNR NTN5204S, NSK 5204 (различие: в закрытые подшипники серии 5200 должен закладываться высокотемпературный смазочный материал).

Основные параметры для сравнения таких подшипников выбраны из официальных каталогов на сайтах производителей, а цены назначены официальными дистрибьюторами в России [8–15].

Все подшипники сравниваются по трем группам показателей.

1. Показатели назначения: П1 — масса; П2 — размер, $D \times h$; П3 и П4 — динамическая и статическая грузоподъемности; П5 и П6 — предельная частота вращения при жидком и пластичном смазочном материале; П7 — уплотнение.

2. Показатели надежности: П8 и П9 — гарантийные обслуживание и срок хранения в заводской упаковке; П10 — сроки поставки.

3. Экономическим показателем назначена цена изделия P .

Таблица 1

Результаты сравнения подшипников по показателям и критерию качества К

Подшипник	П1	П2 $D \times h$	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	P	К
SKF	0,16	47 × 20	20 400	12 900	16	14	+	12	24	1	1987	1,279
FAG	0,153	47 × 20	20 600	12 900	16,1	15	+	12	24	1	1200	1,294
SNR NTN	0,16	47 × 20	20 600	12 900	16	14	+	12	24	1	1480	1,267
NSK	0,12	47 × 20	19 600	12 400	16,1	15	+	12	24	2	1200	1,206
FKL	0,16	47 × 20	18 800	12 600	16	14	+	6	24	2	1240	1,049
ISB	0,15	47 × 20	19 600	11 760	16,1	15	+	12	24	2	740	1,118
Craft	0,16	47 × 20	18 600	12 000	16	14	+	0	12	5	104	0,811
NIS	0,16	47 × 20	20 000	12 000	16,1	15	+	0	12	5	246	0,821
CX	0,16	47 × 20	18 600	12 000	16	14	+	0	12	4	340	0,820
ГПЗ-2	0,169	47 × 20	21 000	12 000	16,1	15	+	0	24	2	870	0,894
ГПЗ	0,168	47 × 20	21 200	12 000	16	14	+	0	24	2	500	0,896
СПЗ	0,17	47 × 20	21 200	12 000	16,1	15	+	0	12	3	520	0,845
Базовый	0,157	47 × 20	20 017	12 288	16	14	+	5,5	20	2,5	868,92	1

Далее предлагается рассчитать единый критерий качества для каждого подшипника.

Формулировка критерия качества. Единый критерий качества K можно рассматривать как набор соответствующих характеристик, приведенных к вектору весовых коэффициентов:

$$K = \{\vec{X}\} \times \{\vec{q}\}^T,$$

где $\vec{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_k \end{bmatrix}$ — вектор нормированных характеристик изделия машиностроения; $\vec{q} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \dots \\ q_k \end{bmatrix}$ — вектор весовых коэффициентов значимости характеристики для отрасли.

Чтобы привести все параметры к общему виду, применимому для расчета, предлагается ввести нормирующий вектор \vec{n} , который рассматривается как отношение модуля значения k -го параметра к базовому,

$$\vec{n} = \left[\left(\frac{x_1}{x_b} \right)^\alpha, \left(\frac{x_2}{x_b} \right)^\alpha, \dots, \left(\frac{x_k}{x_b} \right)^\alpha \right],$$

где x_k — значение k -го параметра исследуемого изделия; x_b — значение параметра базового изделия, определяемое как среднее арифметическое параметров аналогов.

Сравнение по среднему арифметическому значению параметров дает возможность в дальнейшем улучшать только те характеристики, которые действительно важны для конкретного применения, а не стремиться к показателям условно лучшей продукции на рынке, которая подходит к узкому сегменту потребителей в данный момент.

Если увеличение значения параметра ведет к улучшению качества изделия, то $\alpha = 1$. В случае когда увеличение параметра ведет к ухудшению качества, $\alpha = -1$. Например, чем больше грузоподъемность подшипника, тем большую нагрузку он может выдерживать и тем выше качество, тогда $\alpha = 1$. И наоборот, чем больше масса подшипника, тем хуже для механизма, т. е. для параметра «масса» $\alpha = -1$ [16]. Тогда

$$K = \{\vec{n}\} \times \{\vec{q}\}^T.$$

Значение вектора весовых характеристик коэффициентов значимости предлагается определять методом приписывания баллов. Применим его для оценки степени важности критерия по каждой отрасли. Этот метод реализуется с помощью экспертной оценки. Эксперт оценивает значимость каждого критерия для отрасли в баллах по шкале от нуля до единицы. При этом разрешается приписывать одну и ту же дробную величину из шкалы нескольким критериям h_{ik} — балл i -й отрасли для k -го параметра [17]. Составим матрицу значимости параметров по методу приписывания баллов для исследуемых подшипников (табл. 2).

Далее все баллы суммируются по отраслям для получения суммарной оценки по отрасли. Значение каждого балла по каждому критерию делится на соответствующую суммарную оценку в строке. Тогда

$$r_{ik} = \frac{h_{ik}}{\sum_{k=1}^m h_{ik}} \text{ — вес, рассчитанный для } k\text{-го критерия в } i\text{-й отрасли.}$$

Затем вычисляется суммарный вес по каждому параметру $r_i = \sum_{j=1}^L r_{ij}$. В примере $\sum_{i=1}^{10} r_i = 5$, что должно соответствовать числу исследуемых отраслей промышленности.

Весовые коэффициенты q_i определяются как отношение каждого параметра к сумме весов параметров:

$$q_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^m r_i}.$$

Сумма всех полученных весовых характеристик коэффициентов значимости должна быть равна единице. Рассчитаем вектор весовых характеристик коэффициентов значимости для нашего примера, также определим α для расчета единого критерия качества K . Результаты расчета единого критерия K приведены в табл. 1.

Результаты. На основе данных матрицы весовых коэффициентов в зависимости от назначения подшипников по отраслям можно составить циклограмму уровня значимости параметров изделия машиностроения по отраслям промышленности. На циклограмме (рис. 2) видно, какие параметры имеют наибольший вес. Эти параметры будут определяющими для уровня качества изделия.

Для повышения уровня конкурентности продукции рекомендуется развивать самые значимые параметры, так как затраты на их улучшение

будут иметь максимальную отдачу. Для подшипников среди показателей назначения такими параметрами оказались масса, частота вращения и грузоподъемность, среди показателей надежности — гарантийное обслуживание.

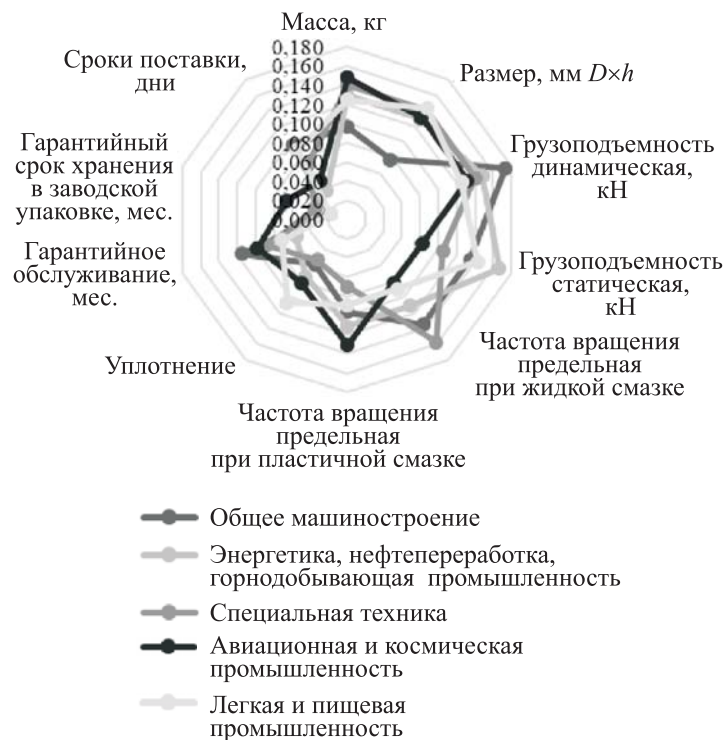


Рис. 2. Циклограмма уровня значимости параметров изделия машиностроения по отраслям промышленности

Расчет единого критерия качества показал, что между ценой и критерием существует функциональная зависимость (рис. 3). Она определяется логистической функцией вида (уравнение Ферхюльста) [18]:

$$K = \frac{K_{\min} - K_{\max}}{1 + \left(\frac{P}{P_0}\right)^m} + K_{\max}.$$

Здесь K_{\max} соответствует максимально возможному значению уровня качества для данного изделия, это значение будет одной из асимптот. Наличие асимптоты объясняется «пределом в технике», когда дополнительные вложения в изделие не будут влиять на определяющие характеристики. Уровень качества не сможет возрасти от увеличения затрат, можно только перейти в другую область рынка или изменить кривую за счет разработки инновационной продукции [19].

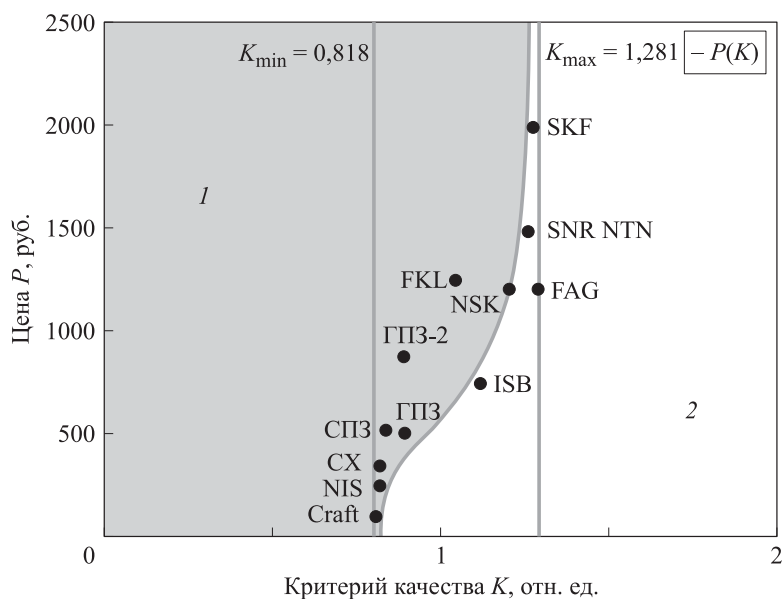


Рис. 3. Анализ эффективности производств подшипников

При наименьшей цене возможен минимальный уровень качества K_{\min} , обеспечивающий приемлемое исполнение основных функций изделия; P_0 — цена, при которой на сигмоиде отмечается перегиб.

Степень t характеризует интенсивность возрастания качества от цены — чем она выше, тем больше вложений потребует производство для выхода на новый уровень. Разность K_{\max} и K_{\min} будет невелика, однако цены, соответствующие минимальному и максимальному значениям, будут сильно отличаться. Этот параметр характеризует необходимость инвестиционных вложений для улучшения качества продукции.

Графиком функции является сигмоида. Применительно к рынку подшипников получена функция вида, отраженная на графике,

$$K = \frac{0,819 - 1,281}{1 - (P / 665,841)^{2,7}} + 1,281.$$

Значения единого критерия качества по каждому подшипнику в зависимости от цены отмечены на рис. 3. Производители, которые попали в область 1, завышают цену продукции относительно качества. Все российские подшипники находятся в первой области с сильным отрывом по кривой, поэтому спрос на эту продукцию невысокий, и они занимают малую долю продаж на мировом рынке. Напротив, лидеры рынка SKF, SNR, FAG и ISB попадают в область 2, т. е. производят продукцию высокого качества по пропорционально меньшей цене. Эти производители могут повысить цену до приемлемого значения по кривой без потери покупа-

телей. Производители, чьи показатели критериев качества продукции располагаются на прямой, выставили цену, максимально соответствующую уровню качества. Например, цена на азиатские подшипники низкого качества максимально подходит ожидаемому от них качеству, поэтому они пользуются большим спросом, чем более качественные российские подшипники. Эти азиатские компании имеют высокую производственную эффективность при малых затратах.

Минимальное значение критерия качества для рынка подшипников $K_{\min} = 0,818$. При меньших значениях подшипник теряет свою надежность, не соответствует стандартам и для организации эффективного производства будет недостаточно ресурсов.

При $K_{\max} = 1,281$ начинается асимптотическое приближение значений функции, следовательно, это технический предел в технологии производства подшипников. Дальнейшее увеличение критерия K_{\max} возможно только при возникновении новой конструкции подшипника или способа его производства.

Подшипники как продукция машиностроительного производства также делятся на два вида [20]. Над точкой $(P_0 = 665,84)$ перегиба графика (рис. 4) все подшипники относятся к продукции специального назначения и имеют высокое качество — I. Это подшипники фирм SKF, SNR NTN, NSK, FAG и FKL.

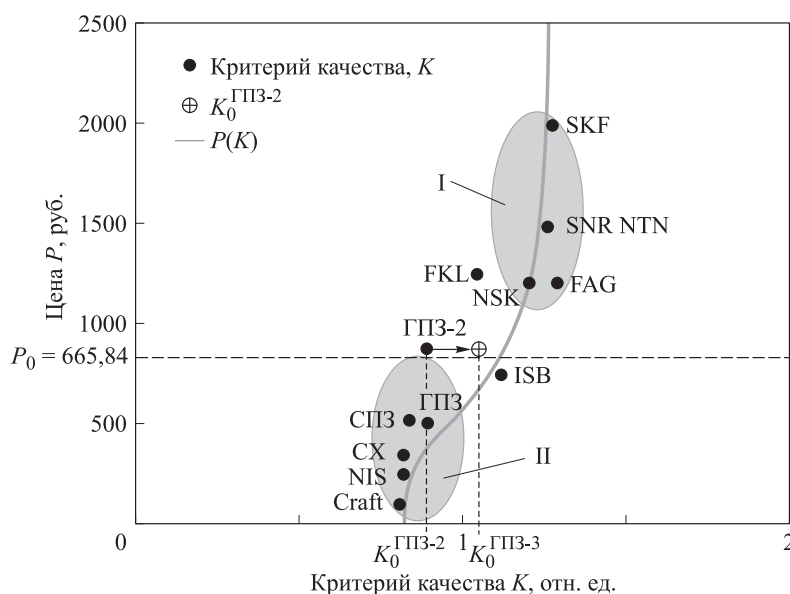


Рис. 4. Распределение значения единого критерия качества подшипников в зависимости от цены

Под штриховой прямой P_0 (см. рис. 4) располагается продукция широкого потребления — II: ISB, CX, NIS, Craft, СПЗ, ГП и ГПЗ-2.

На основе результатов анализа рынка подшипников производителям можно рекомендовать придерживаться полученной зависимости между качеством и ценой. Например, для подшипника 3056204 производства ГПЗ-2 необходимо пересмотреть назначенную цену, либо увеличить значения критерия качества. Для улучшения качества необходимо улучшить важнейшие характеристики по отраслям промышленности. Как следует из результатов анализа, для данного подшипника не назначено гарантийное обслуживание. Если улучшить этот показатель надежности от значения ноль до 12 мес. и уменьшить массу подшипника до базового значения 0,16...0,169 кг, тогда уровень качества возрастет от $K_0^{\text{ГПЗ-2}} = 0,894$ до $K_1^{\text{ГПЗ-2}} = 1,058$ и критерий качества подшипника приблизится к сигмоиде. Отношение этих коэффициентов показывает, что эффективность производства увеличивается в 1,18 раза. Подшипник 3056204 производства ГПЗ-2 станет продукцией специального назначения с высоким уровнем качества.

Заключение. Единый критерий можно использовать как один из инструментов для организации машиностроительного производства. Его отличительной особенностью является использование специфической технической информации об изделии. Собирать такую информацию должен исследователь с техническим образованием и хорошим пониманием работы анализируемого изделия. По собранным данным аналогов изделия можно рассчитать единый критерий качества. Также необходимо рассчитать весовые коэффициенты значимости характеристики изделия на основе метода приписывания баллов.

Зависимость между критерием качества и ценой определяется в виде логистической функции. По этой функции можно установить оптимальный уровень качества при определенной цене. Для повышения конкурентоспособности изделия можно улучшить характеристики, имеющие наибольший вес. Таким образом, единый критерий является удобной обобщенной технической характеристикой для последующего экономического анализа. Результаты анализа уровня качества позволяют дать точные рекомендации для производителя по изменению определенных характеристик изделия или назначению конкурентной цены. На основе результатов анализа отклонений от сигмоиды можно оценить эффективность организации производства на конкретном машиностроительном предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Колобов А.А., Омельченко И.Н., ред. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы. Логистико-ориентированное проектирование бизнеса. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
- [2] Дадонов В.А. Методы и модели анализа качества и конкурентоспособности продукции машиностроения. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2011, спец. выпуск «Актуальные проблемы управления машиностроительными предприятиями», с. 144–156.
- [3] Товб А.С., Ципес Г.Л. Управление проектами: стандарты, методы, опыт. М., Олимп-Бизнес, 2003.
- [4] Хомбак А.А., Бром А.Е. Комплексный показатель качества инжинирингового проекта. *Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*, 2016, т. 2, № 1, с. 92–96.
- [5] Global automobile bearings market 2020 by manufacturers, type and application, forecast to 2025. *marketsandresearch.biz: веб-сайт*.
URL: <https://www.marketsandresearch.biz/report/72774/global-automobile-bearings-market-2020-by-manufacturers-type-and-application-forecast-to-2025>
(дата обращения: 29.02.2020).
- [6] ЗАО «ВПЗ». Раскрытие в сети Интернет годового отчета. *e-disclosure.ru: веб-сайт*. URL: <https://www.e-disclosure.ru/portal/event.aspx?EventId=MO-CN-Atx9xEa4QeDVK-A8SYg-B-B> (дата обращения: 30.04.2020).
- [7] Годовой отчет по государственной программе Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности. *data.gov.ru: веб-сайт*.
URL: <https://data.gov.ru/opendata/7710349494-govprogramreport17> (дата обращения: 29.04.2020).
- [8] Каталог NIS Bearing. *nisbearings.com: веб-сайт*. URL: <https://www.nisbearings.com> (дата обращения: 29.04.2020).
- [9] Каталог подшипников SKF. *skf.com: веб-сайт*.
URL: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/double-row-angular-contact-ball-bearings/productid-3204%20ATN9> (дата обращения: 29.04.2020).
- [10] Каталог подшипников INA, FAG. *medias.schaeffler.com: веб-сайт*.
URL: <https://medias.schaeffler.com/medias> (дата обращения: 29.04.2020).
- [11] Каталог подшипников SNR NTN. *ntn-snr.com: веб-сайт*.
URL: <https://www.ntn-snr.com/ru/documents> (дата обращения: 29.04.2020).
- [12] Ball bearings. *craft-bearings.com: веб-сайт*.
URL: <https://www.craft-bearings.com/ball-bearings> (дата обращения: 29.04.2020).
- [13] Каталог подшипников ГПЗ. *gpz.ru: веб-сайт*.
URL: <https://gpz.ru/> (дата обращения: 29.04.2020).
- [14] Каталог подшипников СПЗ. *spz4.ru: веб-сайт*.
URL: <http://www.spz4.ru/catalog.pdf> (дата обращения: 29.04.2020).

- [15] Подшипник $20 \times 47 \times 20,6$ мм, шариковый двухрядный на вал 20 мм. *cardan.su: веб-сайт*. URL: https://cardan.su/catalog/3204B-2RS1_FKL.html (дата обращения: 29.04.2020).
- [16] Завозина О.Ю., Завозин В.А., Полищук М.И. и др. Определение уровня качества планетарно-цевочного редуктора типа К-Н-V. *Евразийское Научное Объединение*, 2018, т. 2, № 11-3, с. 165–167.
- [17] Николаева В.М., Тисенко В.Н., Черняк В.С. Методика прогнозирования перспективности освоения инновационной технологии в производстве. *Инновации*, 2016, № 4, с. 104–110.
- [18] Smirnov R.G., Wang K. In search of a new economic model determined by logistic growth. *Eur. J. Appl. Math.*, 2020, vol. 31, no. 2, pp. 339–368.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0956792519000081>
- [19] Tarasov V.E., Tarasova V.V. Logistic equation with continuously distributed lag and application in economics. *Nonlinear Dyn.*, 2019, vol. 97, no. 2, pp. 1313–1328.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11071-019-05050-1>
- [20] Кучин Б.Л., Якушева Е.Б. Управление развитием экономических систем. М., Экономика, 1990.

Завозина Ольга Юрьевна — ассистент кафедры «Основы конструирования машин», аспирантка кафедры «Промышленная логистика» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Завозина О.Ю. Оценка эффективности организации машиностроительного производства на основе единого критерия качества. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2021, № 1 (136), с. 114–132.
DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2021-1-114-132>

ASSESSMENT OF MACHINERY PRODUCTION ORGANIZATION EFFICIENCY BASED ON A UNIFIED QUALITY CRITERION

O.Yu. Zavozina

zaitseva.ou@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The main indicator of the machinery production organization efficiency is a stable demand for the company's products in a long-term period. Demand is affected by two main characteristics: product quality and market price. The ratio of these two characteristics should be optimal for each type of product. The paper considers an approach to assessing the position

Keywords

Production organization, unified quality criterion, engineering products, price-quality ratio, production efficiency

of products on the market based on the analysis of the price-quality ratio. The purpose of the study is to develop a methodology for determining the efficiency of the machinery production organization by product characteristics, assessed in the system of a unified quality criterion. In our research, we introduce a method for calculating a unified quality criterion for widespread engineering products, and propose a new form of recording the quality criterion in the form of a unified criterion taking into account the vector of weight coefficients of the significance of products by branches of industry, which is the scientific novelty of the work. We applied an original method of assigning points to calculate this vector, and we found that for most manufacturers, the dependence of a unified quality criterion on the price of products is presented in the form of an S-shaped curve. Furthermore, we analyzed the market of bearings and identified analogues to study the quality level. The calculation of the criterion for quality indicators among analogs was performed. On the basis of the obtained calculations of a unified criterion, the relationship between the price and the quality of the product was compiled in the form of the Verhulst equation. The data are shown as a graph of the logistic function. By the example of a Russian manufacturer of bearings, specific recommendations are given to improve the price-quality ratio for certain parameters. The efficiency of organizing production of a specific machinery enterprise is assessed

Received 22.05.2020

Accepted 14.09.2020

© Author(s), 2021

REFERENCES

- [1] Kolobov A.A., Omelchenko I.N., eds. Strategicheskoe upravlenie organizatsionno-ekonomicheskoy ustoychivost'yu firmy [Strategic management of company business stability]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2001.
- [2] Dadonov V.A. Methods and models for analysing the quality and competitiveness of engineering products. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Mashinost.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Mechan. Eng.], 2011, spec. iss. "Aktual'nye problemy upravleniya mashinostroitelnymi predpriyatiyami" [Actual management problem of machine-building enterprises], pp. 144–156 (in Russ.).
- [3] Tovb A.S., Tsipes G.L. Upravlenie proektami: standarty, metody, opyt [Project management: standards, methods, experience]. Moscow, Olimp-Biznes Publ., 2003.
- [4] Khombak A.A., Brom A.E. Comprehensive indicator of engineering projects quality. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva* [Vestnik of Volzhsky University after V.N. Tatischev], 2016, vol. 2, no. 1, pp. 92–96 (in Russ.).

- [5] Global automobile bearings market 2020 by manufacturers, type and application, forecast to 2025. *marketsandresearch.biz: website*. Available at: <https://www.marketsandresearch.biz/report/72774/global-automobile-bearings-market-2020-by-manufacturers-type-and-application-forecast-to-2025> (accessed: 29.02.2020).
- [6] ZAO "VPZ". Raskrytie v seti Internet godovogo otcheta [ZAO VPZ. Disclosure of the 2019 annual report on the Internet]. *e-disclosure.ru: website* (in Russ.). Available at: <https://www.e-disclosure.ru/portal/event.aspx?EventId=MO-CN-Atx9xEa4QeDVK-A8SYg-B-B> (accessed: 30.04.2020).
- [7] Godovoy otchet po gosudarstvennoy programme Razvitie promyshlennosti i povyshenie ee konkurentosposobnosti [Annual report on the state program Industry development and increasing its competitiveness 2019]. *data.gov.ru: website* (in Russ.). Available at: <https://data.gov.ru/opendata/7710349494-govprogramreport17> (accessed: 29.04.2020).
- [8] Katalog podshipnikov NIS. *nisbearings.com: website*. Available at: <https://www.nisbearings.com> (accessed: 29.04.2020).
- [9] Katalog podshipnikov SKF. *skf.com: website*. Available at: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/double-row-angular-contact-ball-bearings/productid-3204%20ATN9> (accessed: 29.04.2020).
- [10] Katalog podshipnikov INA, FAG. *medias.schaeffler.com: website*. Available at: <https://medias.schaeffler.com/medias> (accessed: 29.04.2020).
- [11] Katalog podshipnikov SNR NTN. *ntn-snr.com: website*. Available at: <https://www.ntn-snr.com/ru/documents> (accessed: 29.04.2020).
- [12] Ball bearings. *craft-bearings.com: website* (in Russ.). Available at: <https://www.craft-bearings.com/ball-bearings> (accessed: 29.04.2020).
- [13] Katalog podshipnikov GPZ. *gpz.ru: website*. Available at: <https://gpz.ru/> (accessed: 29.04.2020).
- [14] Katalog podshipnikov SPZ [SPZ bearings catalogue]. *spz4.ru: website* (in Russ.). Available at: <http://www.spz4.ru/catalog.pdf> (accessed: 29.04.2020).
- [15] Podshipnik 20 × 47 × 20.6 mm, sharikovyy dvukhryadnyy na val 20 mm [Bearing 20 × 47 × 20.6 mm double row bearings for 20 mm shaft]. *cardan.su: website* (in Russ.). Available at: https://cardan.su/catalog/3204B-2RS1_FKL.html (accessed: 29.04.2020).
- [16] Zavozina O.Yu., Zavozin V.A., Polishchuk M.I., et al. Quality level determination of a planetary-pinion K-H-V gearbox. *Evraziyskoe Nauchnoe Ob"edinenie* [Eurasian Scientific Association], 2018, vol. 2, no. 11-3, pp. 165–167 (in Russ.).
- [17] Nikolaeva V.M., Tisenko V.N., Chernyak V.S. Forecasting of the perspectives for innovation technology at development in manufacture with use of TRIZ. *Innovatsii* [Innovations], 2016, no. 4, pp. 104–110 (in Russ.).
- [18] Smirnov R.G., Wang K. In search of a new economic model determined by logistic growth. *Eur. J. Appl. Math.*, 2020, vol. 31, no. 2, pp. 339–368. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0956792519000081>

[19] Tarasov V.E., Tarasova V.V. Logistic equation with continuously distributed lag and application in economics. *Nonlinear Dyn.*, 2019, vol. 97, no. 2, pp. 1313–1328. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11071-019-05050-1>

[20] Kuchin B.L., Yakusheva E.B. Upravlenie razvitiem ekonomicheskikh system [Control on economic systems development]. Moscow, Ekonomika Publ., 1990.

Zavozina O.Yu. — Assistant, Department of Fundamentals of Machine Design, Post-Graduate Student, Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Zavozina O.Yu. Assessment of machinery production organization efficiency based on a unified quality criterion. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering*, 2021, no. 1 (136), pp. 114–132 (in Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3941-2021-1-114-132>