

УДК 669.046:691.8.001.5

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЦЕЛЕВОЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД СТРУКТУРИРОВАНИЯ СВОЙСТВ И ФУНКЦИЙ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ*

Рубин Г.Ш., к.т.н., доцент кафедры Технологий, сертификации и сервиса автомобилей (rubingsh@gmail.com)

Чукин М.В., д.т.н., профессор, первый проректор – проректор по научной и инновационной работе (m.chukin@mail.ru)

Гун Г.С., д.т.н., профессор кафедры Технологий обработки материалов (mgtu@magtu.ru)

Полякова М.А., к.т.н., доцент кафедры Технологий обработки материалов (m.polyakova-64@mail.ru)

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
(455000, Россия, г. Магнитогорск, Челябинская обл., пр. Ленина, 38)

Аннотация. Проведен анализ одного из основных понятий квалиметрии – свойство изделия. Приведена классификация свойств изделий. Обоснована возможность описания структуры свойств оцениваемого объекта с точки зрения определения функций разного уровня. Проведен анализ свойств метизных изделий, на основании которого предлагается определение понятия «функция». На основании функционального принципа анализа свойств изделия введено понятие «потребительская фаза изделия». Предложено ввести конструктивное определение качества метизов как степень выполнения трех функций изделия – транспортной, монтажной и эксплуатационной. Совокупность методов анализа качества метизов на основе исследования функций изделия на протяжении его потребительской фазы и составляет сущность функционально-целевого анализа. На основании этого подхода усовершенствован алгоритм комплексной количественной оценки качества. Разработанный подход отличается конкретизацией стадии жизненного цикла, многоуровневой структурой исследуемых функций, рассмотрением одного материального тела как системы свойств, проявляющихся по-разному, в зависимости от целей применения изделия. Это позволяет позиционировать функционально-целевой анализ как оригинальный метод изучения структуры функций и свойств металлоизделия.

Ключевые слова: металлическое изделие, функция изделия, структура свойств изделия, потребительская фаза изделия, качество металлоизделия, комплексная оценка качества изделия, функционально-целевой анализ.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-10-715-719

Одним из важнейших методических приемов в квалиметрии – представление интегрального свойства объекта оценивания (материального объекта или процесса) в виде дерева свойств [1 – 3]. Такое представление структуры качества решает две задачи. Во-первых, выявляется уровень единичных, элементарных свойств, имеющих количественный измеритель и потому оцениваемых в виде безразмерной величины из определенного диапазона. Как правило, это диапазон от нуля до единицы. Во-вторых, группировка свойств на одном уровне позволяет сравнить их по значимости, определить их весовые коэффициенты.

В монографии [1] в качестве одной из наиболее обоснованных приводится классификация свойств изделий по группам свойств, например, целевое назначение, структура, механические свойства, технологические свойства, ремонтпригодность, надежность, безотказность в работе, уровень стандартизации и унификации,

* Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства с участием высшего образовательного учреждения (Договор № 02.G25.31.0178), а также в соответствии с госзаданием Министерства образования и науки Российской Федерации Магнитогорскому государственному техническому университету им. Г.И. Носова (проект 11.1525.2014).

уровень патентной чистоты и др. С учетом ряда замечаний эта классификация признается универсальной и пригодной для оценки качества всех изделий.

В современных работах по оценке качества метизов и процессов их производства использовались достаточно разнообразные подходы. Среди них преобладал принцип группировки, основанный на физической природе свойств: геометрические параметры, физико-механические свойства и организационно-экономические свойства [2 – 4]. Однако существенная генетическая и функциональная разнородность свойств, относимых упомянутыми классификациями в одну группу, снижают достоверность определенных весомостей и формул свертки оценок и, таким образом, адекватность комплексной оценки качества. Поэтому применяемые в квалиметрии методы структурирования представляются малоэффективными для разработки универсальных эффективных подходов к разработке структуры качества метизов.

Достаточно подробно анализом функций изделия занимается функционально-стоимостной анализ (ФСА) – метод технико-экономического исследования систем, направленный на оптимизацию соотношения между их

потребительскими свойствами (функциями, еще воспринимаемыми как качество) и затратами на достижения этих свойств [5]. ФСА предполагает рассмотрение не объекта, а функции, которую он реализует. Объектом ФСА могут быть изделия, технологии, производственные, организационные и информационные структуры, а также отдельные их элементы или группы элементов. Задача ФСА – достижение функциональности объекта минимальными затратами в интересах как производителя, так и потребителя. Среди этих положений представляет интерес рассмотрение объекта не через его материальную реализацию, а только с точки зрения выполняемых функций.

Проблема структурирования изучаемого объекта исследуется в теории сложных многоуровневых иерархических систем (СМИС) [6]. В этой теории под сложной системой понимается объект, образованный из функционально разнотипных систем, являющихся подсистемами исследуемой сложной, т.е. одним из признаков выделения подсистемы является ее функция.

Таким образом, в целом ряде теорий, изучающих объекты – изделия, устройства, технологические процессы и пр., с позиций системного подхода для структурирования систем используется принцип анализа их элементов и подсистем, с точки зрения функций этих частей системы [7, 8]. При этом единого, достаточно четкого определения понятия функции изделия в упомянутых выше теориях не применяется.

Обзор теорий и методов, смежных с квалиметрией, показывает, что преобладающим подходом к исследованию качества объекта, которым может быть и материальное изделие, и процесс, является функциональный подход [9 – 11]. В этом случае объект и его составляющие исследуются с точки зрения выполняемой им функции, что соответствует одному из основных положений квалиметрии [1]: качество – это степень удовлетворения требований (возможно только ожиданий) потребителя.

Таким образом, для раскрытия структуры качества исследуемого объекта необходимо понимать, зачем он нужен потребителю, т.е. какую функцию должен выполнять. Для дальнейшего эффективного исследования необходимо, прежде всего, как можно точнее определить само понятие «функция изделия».

Функция изделия – это действие или технический эффект, ожидаемые, приписываемые или выполняемые изделием. Таким образом, функция как понятие, связана не только с действием, но и препятствием действию, предотвращением действия – перемещения. Следует понимать действие более широко, не наполняя это понятие некой физической активностью, движением.

Для метизных изделий такой подход реализуется следующим образом. Крепежные изделия – болты, винты, шурупы – предназначены для исключения перемещения одних деталей механизмов относительно других. Так, подъемные канаты обеспечивают перемещение

грузов, передавая движение от приводных механизмов к грузам. Вантовые канаты – напротив, обеспечивают неподвижность конструкций. Таким образом, по крайней мере, для технических материальных объектов целесообразно сформулировать понятие функции следующим образом: функция – это передача действия, т.е. обеспечение взаимодействия или предотвращение взаимодействия.

Данное определение понятия «Функция» позволяет конкретизировать понятие «Свойство». Свойство – неотъемлемая особенность объекта, присущая ему независимо от взаимодействия с другими объектами. С точки зрения функционального подхода свойство – способность обеспечивать некоторую функцию, т.е. способность передавать взаимодействие или препятствовать его передаче.

Прежде чем дальше исследовать функциональный принцип анализа свойств изделия, следует определить период времени, в течение которого рассматривается оцениваемое изделие. При этом согласно общепринятому определению «жизненный цикл изделия» (ЖЦИ) в соответствии со стандартом ISO 9004-1 – это совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта. Таким образом, жизненный цикл – весь временной период, когда вообще существует понятие данного изделия.

Для целей данного исследования необходимо рассматривать промежуток времени, начинающийся с приобретением изделия всех характерных для него свойств. Это происходит в момент завершения изготовления и упаковки, т.е. в момент, когда прекращается активное воздействие на продукт с целью изменения его свойств. Окончанием временного отрезка оценивания целесообразно считать момент достижения состояния, когда в результате износа невозможна эксплуатация изделия в соответствии с его назначением, т.е. изделие бесполезно для потребителя. Этот период времени можно считать потребительской фазой изделия. Иными словами, потребительская фаза – это промежуток времени, начинающийся с обретением изделия всех характерных для него свойств и заканчивающийся моментом достижения состояния, когда в результате износа невозможна эксплуатация изделия в соответствии с его назначением [12, 13].

Полезная функция изделия неоднородна и включает несколько стадий (этапов) жизненного цикла изделия. Выделим эти стадии, придерживаясь используемого функционального принципа. В соответствии с этим первой стадией является транспортировка изделия к месту потребления. Это определяет, в частности, требования к упаковке, защите от окружающей среды, габаритам контейнера, бунта или другой погрузочной единицы. Таким образом, первая стадия потребительской фазы – транспортная. Следующая фаза – приведе-

ние изделия в рабочее состояние: завинчивание болтов, винтов, гаек, навеска каната, установка сетки в рабочее устройство и т.д. Эту фазу целесообразно назвать монтажной. Она определяет требования к форме головки болта, граней гайки, механические требования по скручиванию и др. Третья стадия потребительской фазы – эксплуатационная. В этой стадии реализуются основные потребительские свойства изделия – прочность на разрыв крепежа, абразивная стойкость канатов в скважинах, дифференцирование вещества (сетка), упругие свойства метизов и др.

Теперь можно ввести конструктивное определение качества метизов. Качество – это степень выполнения трех функций изделия: транспортной, монтажной и эксплуатационной. Можно считать это определение конструктивным, так как указание конкретных функций определяет путь дальнейшего исследования структуры качества, т.е. свойств, обеспечивающих выполнение соответствующих функций. Следует отметить, что в отличие от ставшей классической древовидной структуры комплексного качества изделия при предложенном подходе возможна сетевая структура, поскольку одно и то же свойство может обеспечивать несколько функций. Эти же связи можно изобразить в виде матрицы, где строка соответствует функциям, столбцы – свойствам. Элементы матрицы, принимая значения единицы или нуля, фиксируют наличие или отсутствие связи между свойством и функцией. Возможно рассмотрение функций второго уровня, т.е. обеспечивающих выполнение трех рассмотренных выше. Кроме того, количество функций, на которые влияет данное свойство, предлагаем считать его важностью. Поэтому исчезает потребность определять количественную оценку важности – весомость. Она определяется самой структурой комплексного качества.

Совокупность методов анализа качества метизов на основе исследования функций изделия на протяжении его потребительской фазы и составляет сущность функционально-целевого анализа. В известных работах по комплексной оценке для получения последней наиболее часто использовалась функция свертки, впервые предложенная в работах Г.Ш. Рубина и Г.С. Гуна:

$$K_j^i = k_j^i d_j^i a_1 + d_j^i a_2, \quad (1)$$

где K_j^i – j -я групповая оценка на i -м уровне; d_j^i – значение оценки доминирующих показателей на i -м уровне; k_j^i – значение оценки компенсируемых показателей на i -м уровне; a_1 – оценка вклада компенсируемых показателей в комплексную оценку на i -м уровне; a_2 – оценка вклада доминирующих показателей в комплексную оценку на i -м уровне; $a_1 + a_2 = 1$.

Выражение (1) основывалось на логической формуле, обоснованной в логике оценок для формирования комплексной оценки:

$$K_j^i = k_j^i \& d_j^i \vee d_j^i. \quad (2)$$

Внутренняя структура такой функции свертки обеспечивает выполнение граничного условия равенства нулю комплексной оценки при нулевом значении любого из доминирующих показателей и обеспечивает снижение комплексной оценки при равенстве нулю компенсируемого показателя. Степень влияния отдельных факторов (параметров) на комплексную оценку определяется их весом и статусом (компенсируемые и доминирующие свойства (параметры)).

Таким образом, алгоритм комплексной оценки несколько трансформируется, его можно представить в виде последовательно выполняемых действий (см. рисунок).

В заключении отметим, что исследованием связи функций и свойств изделия занимается и метод QFD. Однако от этого и других методов функционального анализа метод ФЦА отличается конкретизацией стадии



Алгоритм комплексной количественной оценки качества

Algorithm of a complex quantitative assessment of quality

жизненного цикла, многоуровневой структурой исследуемых функций, рассмотрением одного материального тела как системы свойств, проявляющихся по-разному, в зависимости от целей применения изделия, что и позволяет позиционировать ФЦА как оригинальный метод изучения структуры функций и свойств металлоизделия. Это доказывает успешный опыт использования метода [14, 15].

Выводы. Проблемы комплексной оценки качества на научном уровне решаются в квалиметрии. Несмотря на достаточно длительную историю квалиметрии как науки о комплексной количественной оценке качества, остаются нерешенными многие проблемы структурирования качества, свертки оценок и др. Особенностью функционально-целевого анализа является возможность установления взаимосвязи между потребительскими функциями и свойствами изделия. С этой точки зрения довольно перспективно применение предлагаемого метода целевого анализа для установления требований к продукции в процессе разработки нормативных документов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. – М.: Стандарты, 1972. – 172 с.
2. Рубин Г.Ш., Гун Г.С. Логические законы оценки качества продукции. Магнитогорск, 1981. 23 с. Деп. в ВИНТИ 19.09.1981, № 4105-81 В.
3. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. – М.: Metallurgiya, 1984. – 152 с.
4. Азгальдов Г.Г. Потребительская стоимость и ее измерение. – М.: Экономика, 1971. – 167 с.
5. Бухман И.В. Функционально-стоимостной анализ – теория и практика проведения. Обзор. – Рига: ЛатНИИТИ, 1982. – 265 с.
6. Опарина Е.Л. Формирование рациональной структуры сложных многоуровневых иерархических систем // Наукові праці. Серія Комп'ютерні технології, системний аналіз, модюловання. 2007. Вип. 55. С. 36 – 41.
7. Голубчик Э.М. Адаптивное управление качеством металлопродукции // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1. С. 63 – 69.
8. Кудрин Б.И. Концепция стандартизации и теория ценозов // Стандарты и качество. 2008. № 5. С. 32 – 36.
9. О'Коннор, Макдермотт И. Искусство системного мышления: необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 256 с.
10. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: изд. СПбГТУ, 1997. – 510 с.
11. Полякова М.А., Данилова Ю.В., Голубчик Э.М. Сравнительный анализ существующих методов оценки качества металлопродукции. Современные металлические материалы и технологии (СММТ'2015): Сборник трудов международной научно-технической конференции. СПб.: изд. Политех. ун-та. 2015. С. 1447 – 1457.
12. Рубин Г.Ш., Полякова М.А. Развитие научных основ стандартизации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1. С. 97 – 102.
13. Полякова М.А., Рубин Г.Ш. Современное направление развития стандартизации как науки // Черные металлы. 2014. № 6. С. 32 – 37.
14. Рубин Г.Ш. Функционально-целевой анализ качества изделий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 2 (34). С. 29, 30.
15. Рубин Г.Ш., Полякова М.А. Использование функционально-целевого анализа для развития научных основ стандартизации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1. С. 97 – 102.

Поступила 8 апреля 2014 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2016. Vol. 59. No. 10, pp. 715–719.

FUNCTION-TARGET ANALYSIS AS THE METHOD OF PROPERTIES AND FUNCTIONS STRUCTURING OF METALWARE

G.Sh. Rubin, M.V. Chukin, G.S. Gun, M.A. Polyakova

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov

Abstract. The paper is devoted to the analysis of one of the main concepts of quality metering – item properties. The authors give the classification of item properties, as well as, provide the possibility to describe the property structure of the estimated object from the point of view of the definition of the functions of different levels. The analysis of the properties of hardware items have been carried out. On the basis of this analysis it has been offered to define the notion «function». The notion «item consuming phase» has been introduced on the basis of functional analysis concept of item properties. It has been offered to introduce the constructive definition of hardware quality as a degree of item performance – a transport one, as well as, assembly and service ones. The system of analysis methods of hardware quality on the basis of the item function research over a period of its consumer phase is the essence of functional analysis. On the basis of this approach the algorithm of complex quantitative quality assessment has been approved. The developed approach differs with the concretization of the life-cycle stage, multilevel structure of the researched functions, as well as, the examination of one material body as the system of properties, revealed themselves in different ways,

in dependence on target status condition. It allows positioning the function-target analysis as the original method of studying function and property structures of metalware.

Keywords: metalware, ware function, ware property structure, item consuming phase, metalware quality, complex assessment of ware quality, function-target analysis.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-10-715-719

REFERENCES

1. Azgal'dov G.G., Raikhman E.P. *O kvalimetrii* [On qualimetry]. Moscow: Standarty, 1972, 172 p. (In Russ.).
2. Rubin G.Sh., Gun G.S. *Logicheskie zakony otsenki kachestva produktsii* [Logic laws of product quality assessment]. Magnitogorsk, 1981, 23 p. Dep. VINITI, no. 19.09.1981, no. 4105-81 V.
3. Gun G.S. *Upravlenie kachestvom vysokotochnykh profilei* [Quality management of high-precision shapes]. Moscow: Metallurgiya, 1984, 152 p. (In Russ.).
4. Azgal'dov G.G. *Potrebitel'skaya stoimost' i ee izmerenie* [Consuming value and its measuring]. Moscow: Ekonomika, 1971, 167 p. (In Russ.).

5. Bukhman I.V. *Funktsional'no-stoimostnoi analiz – teoriya i praktika provedeniya. Obzor* [Function-cost analysis – theory and practice of implementation. Review]. Riga: LatNIINTI, 1982, 265 p. (In Russ.).
6. Oparina E.L. Formation of a rational structure of complex multilayer hierarchical system. *Naukovi pratsi. Seriya Komp'yuterni tekhnologii, sistemni analiz, modyulovannya*. 2007, vol. 55, pp. 36–41. (In Russ.).
7. Golubchik E.M. Metalware adaptive quality management. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. 2014, no. 1, pp. 63–69. (In Russ.).
8. Kudrin B.I. Standardization concept and the theory of qualification. *Standarty i kachestvo*. 2008, no. 5, pp. 32–36. (In Russ.).
9. O'Connor Joseph, McDermott Ian. *The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving*. Thorsons, 1997, 265 p. (Russ.ed.: O'Connor J., McDermott I. *Iskusstvo sistemnogo myshleniya: neobkhodimye znaniya o sistemakh i tvorcheskoy podkhode k resheniyu problem*. Moscow: Al'pina Biznes Buks, 2006, 256 p.)
10. Volkova V.N., Denisov A.A. *Osnovy teorii sistem i sistemnogo analiza* [Basics of systems theory and systems analysis]. St. Petersburg: SPbGTU, 1997, 510 p. (In Russ.).
11. Polyakova M.A., Danilova Yu.V., Golubchik E.M. In: *Sovremennye metallicheskie materialy i tekhnologii (SMMT'2015): Sbornik trudov mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Modern metal materials and technologies (CMMT'2015): Collected papers of the International Sci. and Tech. Conf.]. St. Petersburg: izd. Politekh. un-ta. 2015, pp. 1447–1457. (In Russ.).
12. Rubin G.Sh., Polyakova M.A. Development of standardization scientific basics. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. 2014, no. 1, pp. 97–102. (In Russ.).
13. Polyakova M.A., Rubin G.Sh. Modern line of standardization development as a science. *Chernye metally*. 2014, no. 6, pp. 32–37. (In Russ.).
14. Rubin G.Sh. Function-target analysis of ware quality. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. 2011, no. 2 (34), pp. 29–30. (In Russ.).
15. Rubin G.Sh., Polyakova M.A. Usage of the function-target analysis for the development of standardization scientific basics. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. 2014, no. 1, pp. 97–102. (In Russ.).

Acknowledgements. The work was performed in the frameworks of the realization of complex project on the creation of high-technology production with the participation of the higher educational institution (Agreement no.02.G25.31.0178), as well as, in compliance with the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation to Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov (project 11.1525.2014).

Information about the authors:

G.Sh. Rubin, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair “Technologies, Certification and Car Service” (rubingsh@gmail.com)

M.V. Chukin, Dr. Sci. (Eng.), Professor; First Vice-Rector - Vice Rector for Research and Innovation, Head of the Chair “Materials Processing Technologies” (m.chukin@mail.ru)

G.S. Gun, Dr. Sci. (Eng), Professor of the Chair “Materials Processing Technologies” (mgtu@magtu.ru)

M.A. Polyakova, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair “Materials Processing Technologies” (m.polyakova-64@mail.ru)

Received April 8, 2014