

УДК 004.02: 004.05

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

¹Коршунов Г.И., ²Фрейман В.И.

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: kgi@pantes.ru;

²ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: vfrey@mail.ru

Настоящая статья посвящена разработке и исследованию моделей и методов оценки соответствия, заданных требованиями стандартов качества продукции и уровня компетентности как показателя результативности подготовки специалистов. Показана важность и значимость фактора компетентности (квалификации) специалистов для обеспечения заданного качества продукции для современных предприятий и организаций всех сфер экономики. Проанализированы требования государственных и международных стандартов в области управления качеством серии ISO 9000, а также современных профессиональных и образовательных стандартов подготовки специалистов. Предложены модели и методы, которые позволяют установить и оценить соответствие требований к качеству продукции и уровню компетентности специалистов, заданному профессиональными и образовательными стандартами, а также внутренними документами организаций. Приведены иллюстрирующие примеры использования предложенных моделей и методов.

Ключевые слова: качество продукции, результативность подготовки, компетентность, стандарт, модель, граф, матрица смежности

MODELS AND METHODS OF EQUIVALENT ESTIMATION OF PRODUCTION QUALITY INDICATORS AND SPECIALISTS TRAINING PRODUCTIVITY

¹Korshunov G.I., ²Freyman V.I.

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation», Saint-Petersburg, e-mail: kgi@pantes.ru;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Perm National Research Polytechnic University», Perm, e-mail: vfrey@mail.ru

This article is described to development and research of models and methods of equivalent estimation of the standards set by requirements production quality and competence level as specialist training productivity indicator. Importance and significance of a specialist competence (qualification) factor for ensuring the set quality of production for the modern enterprises and the organizations of all spheres of economy is shown. Requirements of state and international quality management standards ISO 9000, and also modern professional and educational standards of specialist training, are analyzed. Models and methods, which allow establish and estimate of requirement equivalent to production quality and specialists competence level, set by professional and educational standards and local organization documents, are offered. Illustrative samples of offered models and methods are provided.

Keywords: production quality, training productivity, competence, standard, model, graph, contiguity matrix.

Постановка задачи

Основной задачей экономики является производство продукции ([1] – продуктов и услуг). Для обеспечения высокой конкурентоспособности предприятия, ориентированного на выпуск продуктов, или организации, ориентированной на предоставление услуг, необходимо поддерживать и постоянно улучшать качество представляемой на рынок продукции. Качество продукции определяется многими факторами: научно-техническим уровнем проектов и разработок; характеристиками материалов и комплектующих элементов; уровнем оснащения и технологической подготовки производства; использованием системы менеджмента качества; применением систем автоматизации и интеллектуализации производства и т.д. При наличии у современ-

ных предприятий и организаций сходных (соизмеримых) по количественным и качественным характеристикам способов и условий построения производства важную, а зачастую и определяющую роль играет наличие соответствующей компетентности (квалификации) специалистов.

Наличие профессиональной подготовки требуется для создания и сопровождения продукции на всех этапах ее жизненного цикла (маркетинг, НИОКР, материально-техническое снабжение, подготовка и разработка производственных процессов, непосредственно производство, контроль, испытания и обследование продукции в процессе производства и выходной контроль, упаковка и хранение готовой продукции, реализация и распределение, монтаж и эксплуатация, техническая помощь

в обслуживании, утилизация после использования [2]). Соответствующие требования к продукции на каждом этапе жизненного цикла задаются стандартами разного уровня и условиями договоров, а степень соответствия реализации требований определяет качество продукции [4].

Невозможно дать точную априорную количественную оценку влияния уровня компетентности на выпускаемую продукцию, можно лишь абсолютно уверенно утверждать, что создавать конкурентоспособные продукты могут только высококвалифицированные специалисты. Это особенно актуально в условиях экономических проблем, импортозамещения и повышения конкуренции в разных секторах экономики.

В стандартах и других нормативных документах не содержатся методы и инструментарий для оценивания уровня компетентности, а ее связь с требованиями к качеству продукции недостаточно формализована. Поэтому актуальной является задача разработки и внедрения общей методологии оценки компетентности (результативности подготовки) специалистов и оценки ее соответствия качеству продукции. Такая методология является основой для создания интегрированной системы управления качеством продукции, поскольку объединяет заданные требования к качеству продукции, трудовым функциям, методы проектирования и реализации подготовки, методы контроля и количественной оценки результативности подготовки (компетентности). Одной из ключевых задач создания указанной системы является разработка моделей и методов оценки соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки специалистов, решению которой посвящена настоящая статья.

Требования стандартов к качеству продукции и результативности подготовки

Показатели деятельности (показатели качества – введены ГОСТ 15467.79 и его переизданиями) характеризуют требования к качеству. Показатели качества продукции разделяются на единичные, комплексные, определяющие и интегральные. Определить показатели качества можно с помощью одного из следующих методов – измерительный, регистрационный, расчетный, органолептический, экспертный, социологический. Оценка качества продукции может быть выполнена: оценкой уровня качества продукции; оценкой технического уровня продукции; дифференциальным, комплексным или смешанным методом; статистическим методом. Показатели качества являют-

ся индивидуальными и зависят от объектов, систем, процессов и т.п., для которых они определяются.

Для формирования требований к компетентности персонала разработаны и внедрены следующие нормативные документы:

- профессиональные стандарты [6] для оценки соответствия уровня компетентности персоналом предприятий и организаций;
- федеральные государственные образовательные стандарты [7] для оценки уровня освоения заданных компетенций выпускниками учебных заведений систем среднего специального и высшего образования;
- государственные требования, например, к профессиональной переподготовке, повышению квалификации и стажировке государственных гражданских служащих Российской Федерации (утв. постановлением Правительства РФ от 6 мая 2008 г. № 362);
- требования организаций профессионального сообщества (объединения работодателей);
- внутренние стандарты образовательных учреждений, предприятий и организаций.

Основным показателем компетентности является уровень освоения (сформированности) заданного набора компетенций (в терминологии профессиональных стандартов – трудовые функции). От их квалифицированного выполнения зависят качественные и количественные показатели конечного результата профессиональной деятельности.

Далее будут предложены модели и методы оценки соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки специалистов.

Модель оценки соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки специалистов

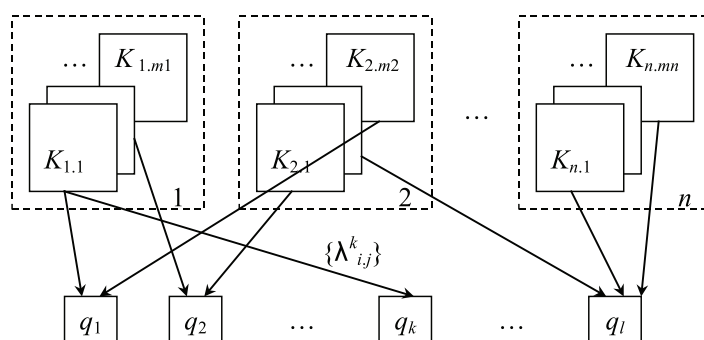
Каждый показатель качества может быть единичным, а также может быть учтен в составе комплексного или интегрального показателя качества. В последнем случае качество Q продукции представляется множеством показателей q_k ($k \in [1; l]$), номенклатура и численные значения которых определены стандартами. Под стандартами в рамках отношений «Заказчик – Исполнитель» будем понимать в том числе и условия договоров (контрактов). В общем случае $Q = F(q_1, \dots, q_k, \dots, q_l)$, где F – выбранный вид свертки. Подробно вопросы обоснования и выбора комплексного или интегрального показателя качества рассмотрены, например, в [4, 5].

Рассмотрим для определенности образовательные стандарты [7], где установлены

направления подготовки специалистов $\{НП_i\}$, каждому из которых соответствуют множества общекультурных компетенций $\{ОК_{ij}\}$ и профессиональных компетенций $\{ПК_{ij}^p\}$. Сопоставим каждому q_k подмножество выбранных направлений подготовки специалистов из $\{НП_i\}$, а в них – подмножества выбранных общекультурных компетенций из $\{ОК_{ij}\}$ и профессиональных компетенций из $\{ПК_{ij}^p\}$. Процедура сопоставления может быть реализована на уровне требований предприятий по подбору кадров в виде анкет, опросных листов, собеседований. В этих случаях модели и методы оценки соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки специалистов недостаточно формализованы и в значительной степени зависят от «человеческого фактора». Дальнейшая формализация может осуществляться путем построения модели соответствия между элементами множества q_k ($k \in [1; l]$) и множеств $\{ОК_{ij}\}$, $\{ПК_{ij}^p\}$, а методика будет представлена процедурой перебора элементов множеств. При этом полученные результаты не учитывают степень влияния компетенции на показатель качества. Для реализации этого свойства предложена следующая модель.

Рассмотрим множество показателей качества q_k ($k \in [1; l]$) и множество показателей результативности подготовки K . Соответствие между показателями качества продукции q_k ($k \in [1; l]$) и результативности подготовки в виде совокупности компетенций K_{ij} ($i \in [1; n]$; $j \in [1; m_i]$, где m_i – количество компетенций в i -й группе) как составляющих обобщенного показателя компетентности специалиста может быть представлено моделью ориентированного графа (рисунок). Вершинами графа являются показатели качества и результативности, а ребрами – их отношения, характеризующие степень влияния конкретной компетенции на конкретный показатель качества: $\lambda_{i,j}^k$.

Компетенции сгруппированы по определенному критерию, например принадлежности специалиста к группе (руководство, инженерно-технические работники, рабочие и служащие, вспомогательный и обслуживающий персонал и т.п.), либо по какому-либо другому критерию объединения, либо могут быть не сгруппированы и ранжированы. Графу соответствует матрица смежности (табл. 1):



Модель соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки

Таблица 1

Матрица смежности

	$K_{1,1}$	...	$K_{1,m1}$	$K_{2,1}$	...	$K_{2,m2}$	...	$K_{i,j}$	...	$K_{n,1}$	...	$K_{n,mn}$
q_1	$\lambda_{1,1}^1$	...	$\lambda_{1,m1}^1$	$\lambda_{2,1}^1$	...	$\lambda_{2,m2}^1$	...	$\lambda_{i,j}^1$	...	$\lambda_{n,1}^1$	...	$\lambda_{n,mn}^1$
q_2	$\lambda_{1,1}^2$	...	$\lambda_{1,m1}^2$	$\lambda_{2,1}^2$	...	$\lambda_{2,m2}^2$	...	$\lambda_{i,j}^2$	...	$\lambda_{n,1}^2$	...	$\lambda_{n,mn}^2$
...
q_k	$\lambda_{1,1}^k$	...	$\lambda_{1,m1}^k$	$\lambda_{2,1}^k$	...	$\lambda_{2,m2}^k$	...	$\lambda_{i,j}^k$	...	$\lambda_{n,1}^k$	...	$\lambda_{n,mn}^k$
...
q_l	$\lambda_{1,1}^l$	...	$\lambda_{1,m1}^l$	$\lambda_{2,1}^l$	...	$\lambda_{2,m2}^l$	...	$\lambda_{i,j}^l$	...	$\lambda_{n,1}^l$	...	$\lambda_{n,mn}^l$

В модель включаются только те компетенции, которые оказывают влияние хотя бы на один показатель качества, следовательно, строка преобразованной матрицы смежности должна содержать хотя бы один ненулевой элемент.

Введем следующие ограничения: пусть показатель качества q_k определяется влиянием только показателей результативности подготовки и не зависит от влияния других факторов. Тогда примем условия нормализации: $q_k \in [0; 1]$, где 1 – максимально возможное влияние результативности подготовки на данный показатель качества продукции, которое далее может быть пересчитано в единицах конкретного показателя качества Q_k (время, количество, проценты и т.д.); $K_{i,j} \in [0; 1]$, где 1 – максимальный уровень освоения компетенции; $\lambda_{i,j}^k \in [0; 1]$, где 1 – максимальное влияние компетенции $K_{i,j}$ на показатель качества q_k . С учетом введенных соотношений для строк матрицы смежности формулируется условие нормирования:

$$\sum_{j=1}^{mi} \lambda_{i,j}^k = 1,$$

где $k \in [1; n]$; $i \in [1; n]$.

Степень влияния λ может быть задана экспертно или определена с учетом значимости (принадлежности к группе), заданному уровню сформированности, зависимости от других факторов и т.п. При задании формальных способов определения λ должно быть учтено введенное ранее условие нормирования.

Метод расчета степеней влияния

Метод расчета основывается на методе Фишберна, который адаптирован для использования с матрицей смежности. Рассмотрим использование предложенного метода для решения поставленной задачи на примере для заданной матрицы смежности [3]. В ней первоначально ячейки, соответствующие степеням влияния λ , заполняются весами ребер графа модели с учетом значимости группы компетенций (или каждой компетенции при отсутствии группировки, или одинаково для всех в предположении, что все компетенции равнозначны). Ранжирование компетенций (и групп) может быть выполнено экспертами (например, в отношении 3:2:1) или с помощью математического аппарата, например, количественной и качественной важности критериев [3, 4, 5]. Для этого формируется совокупность векторов аналитических и/или экспертных оценок заданного набора компетенций, затем векторы ранжируются, группируются

по выбранному признаку (например, на три группы), и для каждой группы вычисляется значимость (например, усреднением).

В качестве примера используем экспертно-аналитический метод, в результате применения которого получено отношение 3:2:1 (табл. 2).

Таблица 2

Пример заполнения матрицы смежности

	$K_{1,1}$	$K_{1,2}$	$K_{2,1}$	$K_{2,2}$	$K_{3,1}$	$K_{3,2}$
q_1	3	3		2	1	
q_2		3		2	1	
q_3			2	2		
q_4						1

Формат линейного критерия выглядит следующим образом:

$$q_1 = \lambda_{1,1}^1 \cdot K_{1,1} + \lambda_{1,2}^1 \cdot K_{1,2} + \lambda_{2,2}^1 \cdot K_{2,2} + \lambda_{3,1}^1 \cdot K_{3,1};$$

$$q_2 = \lambda_{1,2}^2 \cdot K_{1,2} + \lambda_{2,2}^2 \cdot K_{2,2} + \lambda_{3,1}^2 \cdot K_{3,1};$$

$$q_3 = \lambda_{1,2}^3 \cdot K_{1,2} + \lambda_{2,2}^3 \cdot K_{2,2};$$

$$q_4 = \lambda_{3,2}^3 \cdot K_{3,2}.$$

Знаменатель степени влияния λ равен сумме весов ребер, входящих в критерий. Для рассматриваемого примера это сумма в столбцах 1, 2, 4, 5: (3 + 6 + 6 + 2 = 17). Числитель степени влияния λ равен сумме весов соответствующего столбца матрицы смежности. С учетом предложенного метода коэффициенты определяются следующим образом:

$$\lambda_{1,1}^1 = \frac{3}{17}; \quad \lambda_{1,2}^1 = \frac{6}{17}; \quad \lambda_{2,2}^1 = \frac{6}{17}; \quad \lambda_{3,1}^1 = \frac{2}{17}.$$

Условия нормирования (сумма коэффициентов в строке равна 1) выполняются. В результате критерий определения влияния уровня компетентности как показателя результативности подготовки на показатель качества продукции q_1 строится следующим образом:

$$q_1 = 3/17 \cdot K_{1,1} + 6/17 \cdot K_{1,2} + 6/17 \cdot K_{2,2} + 2/17 \cdot K_{3,1}.$$

Значимость критериев можно задавать, изменяя веса ребер графа.

Метод оценки соответствия представлен следующими этапами:

1. Определение множества показателей качества, на которые оказывает существенное (значимое) влияние компетентность как показатель результативности подготовки.

2. Определение множества компетенций (например, из анализа трудовых функций профессиональных стандартов; компетентностной модели выпускника образовательного учреждения; должностных инструкций и т.п.).

3. Создание модели в виде ориентированного графа.

4. Формирование матрицы смежности графа.

5. Определение степени влияния каждой компетенции на показатели качества.

6. Заполнение матрицы смежности.

7. Проверка выполнения условий нормирования.

8. Расчет нормализованных значений показателей качества (например, по линейному (аддитивному) критерию, с помощью методов нечеткой логики и т.д.).

9. Пересчет показателей качества в соответствующих единицах.

Использование предложенной методики позволяет решать задачи анализа, определяя, на какую величину нужно увеличить тот или иной показатель λ (зависящий от уровня освоения компетенции) для улучшения результата. Это позволяет планировать мероприятия по повышению компетентности (повышение квалификации, переподготовку и т.п.).

Заключение

В настоящей статье рассмотрены и решены задачи формализованного представления соответствия показателей качества продукции и результативности подготовки специалистов, представленной в компетентностном формате. Рассмотрены как модели «жесткого» соответствия показателей качества, так и учитывающие степень влияния конкретной компетенции на конкретный показатель качества. Предложенные модели и методы оценки инвариантны к составу множеств показателей качества и разного рода компетенций, поэтому предложенный подход позволяет выполнить обобщенное оценивание влияния уровня компетентности на результат профессиональной деятельности. Используемый метод ранжирования позволяет управлять процессом оценивания, обоснованно корректируя степени влия-

ния соответствующих показателей на значение интегрального показателя качества продукции.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2015. – 54 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 32 с.

3. Кон Е.Л., Фрейман В.И., Южаков А.А. Применение интегро-дифференциального критерия оценки освоения компонентов компетенций // Образование и наука. – 2013. – № 6. – С. 47–63.

4. Коршунов Г.И., Тисенко В.Н. Управление процессами и принятие решений. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2010. – 230 с.

5. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений: учеб. пособие. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.

6. Профессиональный стандарт «Специалист по радиосвязи и телекоммуникациям». Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 19 мая 2014 г. № 318н. – 17 с.

7. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, уровень высшего образования магистратура, направление подготовки 11.04.02 Информационные технологии и системы связи. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 октября 2014 г. № 1403. – 13 с.

References

1. GOST R ISO 9000-2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar [Quality management systems. Fundamentals and vocabulary]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 54 p.

2. GOST R ISO 9001-2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya [Quality management systems. Requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 32 p.

3. Kon E.L., Frejman V.I., Juzhakov A.A., Obrazovanie i nauka (The Education and Science), 2013, no. 6, pp. 47–63.

4. Korshunov G.I., Tisenko V.N. Upravlenie processami i prinjatije reshenij [Management of processes and decision-making]. Saint-Petersburg, SPbSPU Publ., 2010. 230 p.

5. Podinovskij V.V. Vvedenie v teoriju vazhnosti kriteriev v mnogokriterialnyh zadachah prinjatija reshenij [Introduction to the theory of criteria important in multicriteria solves of decision-making]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2007. 64 p.

6. Professionalnyj standart «Specialist po radiosvjazi i telekommunikacijam» [Professional standard «Specialist on the radio communications and telecommunications»]. Utverzhden prikazom Ministerstva truda i socialnoj zashhity RF ot 19 maja 2014 g. no. 318n. 17 p.

7. Federalnyj gosudarstvennyj obrazovatelnyj standart vysshego obrazovaniya, uroven vysshego obrazovaniya magistratura, napravlenie podgotovki 11.04.02 Infokommunikacionnye tehnologii i sistemy svjazi. Utverzhden prikazom Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ot 30 oktjabrja 2014 g. no. 1403. 13 p.