

УДК 65.018.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ QFD-АНАЛИЗА, ОСНОВАННОЕ НА УТОЧНЕНИИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЗНАЧИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКЦИИ

© 2016 Ю.С. Клочков¹, А.Ю. Газизулина¹, А.В. Седельников²,
Т.С. Васильева², Е.В. Демиденко², Е.А. Ильина¹

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

² Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Статья поступила в редакцию 16.12.2016

Универсальным инструментом разработки продукции является QFD-анализ, формирующий непрерывный информационный поток, гарантирующий, что все элементы производственной системы взаимосвязаны и подчинены потребительским требованиям. С точки зрения руководства организации, внедрение QFD-анализа рассматривается как совершенствование конструкции, технологии или процесса с целью экономии издержек, повышения качества и других стратегических целей, позволяющих обеспечить конкурентоспособность организации. Недостатками существующего подхода является то, что значимости характеристик продукции не всегда рассчитывается верно.

Ключевые слова: менеджмент качества, QFD, стандартизация, закон Вебера-Фехнера.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЗНАЧИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКЦИИ

В настоящее время, рассчитанный вес характеристики конструкции, технологии или процесса является ключевым при определении пути совершенствования, т.е. повышения конкурентоспособности продукции [1-5]. Так как в условиях конкуренции на рынке присутствует несколько организаций, поэтому необходимо учитывать степень выполнения (удовлетворенность) требований потребителя (конкурентные преимущества) в отношении не только рассматриваемой организации, но и по всем конкурентам. Поэтому модель расчёта веса характеристики продукции можно представить в виде:

$$B=f(I_x; R_x; \Pi_{отс_x}; Ц_x; K_x), \quad (1)$$

где I_x – связь между требованием и характеристи-

ками продукции (\blacktriangle - 1; \bigcirc - 3; \bullet - 9), R_x – абсолютный вес требования, $\Pi_{отс_x}$ – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и рассматриваемой организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные), K_x – оценка реализации требования у конкурентов, $Ц_x$ – целевое значение степени реализации требования потребителя.

В классической модели расчета веса характеристик конструкции, технологии или процесса не учитывается положение на рынке [6]. То есть необходимо выполнять не только требования потребителя, но и ориентироваться на конкурентов. Таким образом, мы должны расширить список составляющих конкурентоспособности продукции и при анализе потребительской оценки продукции производимой предприятием и его конкурентами, нужно задать степень реализации требований в зависимости от веса его важности, тогда уточненный расчет весомости характеристик конструкции, технологии или процесса выглядит следующим образом:

$$B_{1хар.прод.} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum \left[\frac{\Pi_{отс_x}}{Ц_x} (I_x \cdot R_x) \right], \quad (2)$$

где I_x – связь между требованием и характеристиками продукции (\blacktriangle - 1; \bigcirc - 3; \bullet - 9), R_x – абсолютный вес требования, $\Pi_{отс_x}$ – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и рассматриваемой организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные), $Ц_x$ – целевое значение степени реализации требования потребителя.

Клочков Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, директор Центра мониторинга науки и образования. E-mail: klochkov_yus@spbstu.ru
Газизулина Альбина Юсуповна, кандидат технических наук, ведущий специалист Центра мониторинга науки и образования.

E-mail: albinagazizulina@gmail.com

Седельников Андрей Валерьевич, доктор технических наук, доцент кафедры «Космическое машиностроение».

E-mail: axe_backdraft@inbox.ru

Васильева Татьяна Сергеевна, аспирант кафедры «Производство летательных аппаратов и управление качеством в машиностроении».

E-mail: tanyavsv@rambler.ru
Демиденко Елена Викторовна, аспирант кафедры «Обработка металлов давлением».

E-mail: assistantssau@mail.ru

Ильина Екатерина Александровна, аспирант Высшей школы промышленного менеджмента.

E-mail: ilina.ekaterina093@gmail.com

Сравнивая оценки степени удовлетворения требований новой продукции и продукции конкурентов на рынке, можно выявить направления совершенствования проектируемой продукции [7]. Расчет весомости характеристик конструкции, технологии или процесса с учетом разницы между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя ($\Pi_{отсх} + 1$) выглядит следующим образом:

$$B_{2хар.прод} = \sum(I_x \cdot R_x)(\Pi_{отсх} + 1), \quad (3)$$

где I_x – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ - 1; ○ - 3; ● - 9), R_x – абсолютный вес требования, $\Pi_{отсх}$ – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные).

Потенциальная проблема QFD и высокая вероятность потери потребителя – не учитывается конкурентоспособность продукции, которая включают в себя, например, деятельности конкурентов (новая продукция), новые технологии, инструменты или материалы. Таким образом, исключительная ориентация продукции на желания потребителей не является оптимумом при целостном рассмотрении проблемы качества [8].

Весомости характеристик конструкции, технологии или процесса с учетом разницы между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя можно рассчитать, воспользовавшись еще одной зависимостью:

$$B_{3хар.прод} = \sum(R_x + \Pi_{отсх}) \cdot I_x, \quad (4)$$

где I_x – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ - 1; ○ - 3; ● - 9), R_x – абсолютный вес требования, $\Pi_{отсх}$ – разница между

целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные) [9].

Так как в цепочке усовершенствования конструкции, технологии или процесса появляется ориентация на конкурентов, то модель расчета весомости характеристик конструкции, технологии или процесса производства можно представить в виде рис. 1.

Предлагаемая модель QFD позволяет выделить сильные стороны продукции конкурентов, и, проанализировав их, предложить еще более сильные технические решения в качестве альтернативы. QFD позволяет ориентироваться на лучших в отрасли производителей конкретной продукции (ведущие на рынке) [10]. Такой метод позволяет выявить их технические и технологические преимущества и на их базе разработать собственные, еще более, технические решения для своей продукции, которая впитает в себя все требования потенциальных клиентов. Рекомендации по выбору зависимости для расчета веса характеристик продукции с учетом конкуренции представлены в табл. 1.

Базовая модель Дома качества может включать в себя ориентацию на положение на рынке и тем самым учитывать важность выполнения того или иного требования у конкурентов. Таким образом, мы получаем дополнительные сведения, которые потребителю неизвестны, но обязательны к выполнению для повышения конкурентоспособности.

Для изготовления технически совершенной продукции, которая удовлетворяла бы и изготовителя, и потребителя, необходимо учесть все представленные требования, как к самой

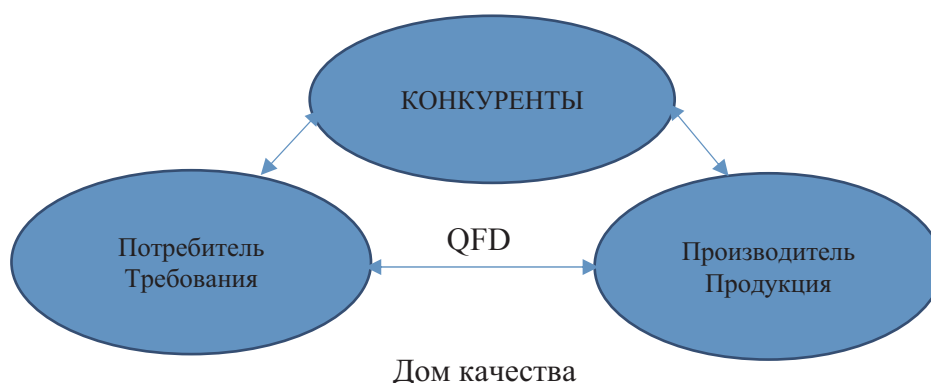


Рис. 1. Модель QFD с учетом конкуренции

Таблица 1. Рекомендации по выбору зависимости для расчета веса характеристик продукции с учетом конкуренции

Уровень конкуренции		
Низкий	Средний	Высокий
$B_{3хар.прод} = \sum(R_x + \Pi_{отсх}) \cdot I_x$	$B_{1хар.прод} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum[\frac{\Pi_{отсх}}{I_x} (I_x \cdot R_x)]$	$B_{2хар.прод} = \sum(I_x \cdot R_x)(\Pi_{отсх} + 1)$

продукции, так и к процессам ее производства и сборки. Это позволяет повысить степень точности формирования требований к продукции, обеспечить оптимальное сочетание параметров оптимизации проектируемой продукции, повысить ее надежность и экономичность.

НОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЗНАЧИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКЦИИ

Разработан метод расчета значимости характеристик продукции, основанный на использовании закона Вебера-Фехнера и показан алгоритм выбора методов расчета значимости характеристик продукции, обеспечивающий достоверность результатов расчета.

Модель расчёта весомости характеристик конструкции, технологии или процесса, основанная на использовании закона Вебера-Фехнера включает коэффициент k, который является константой, зависящей от субъекта ощущения. k=2 это степень, в которой находится разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя.

В данной главе рассмотрены установленные ранее зависимости методологии QFD-анализа с учетом положения на рынке и введен дополнительный коэффициент k по закону Вебера-Фехнера и построена карта весомостей характеристик продукции с учетом Вебера-Фехнера.

$$B_{4\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum[\frac{\Pi_{\text{отс}_x}^k}{\Pi_x} \cdot (I_x \cdot R_x)], \quad (5)$$

$$B_{5\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x) (\Pi_{\text{отс}_x}^k + 1), \quad (6)$$

$$B_{6\text{хар.прод.}} = \sum(R_x + \Pi_{\text{отс}_x}^k) \cdot I_x \quad (7)$$

где I_x – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ - 1; ○ - 3; ● - 9), R_x – абсолютный вес требования, $\Pi_{\text{отс}_x}$ – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные), Π_x – целевое значение степени реализации требования потребителя.

Рекомендации по выбору зависимости для расчета веса характеристик продукции с учетом конкуренции представлены в табл. 2.

Сущность метода экспертных оценок заключается в проведении интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений. Получаемое в результате обработки обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы. Комплексное использование интуиции (неосознанного мышления), логического мышления и количественных оценок с их формальной обработкой позволяет получить эффективное решение проблемы. Т.к. конечное качество продукции определяет потребитель, который чаще всего пользуется органолептическим методом, то

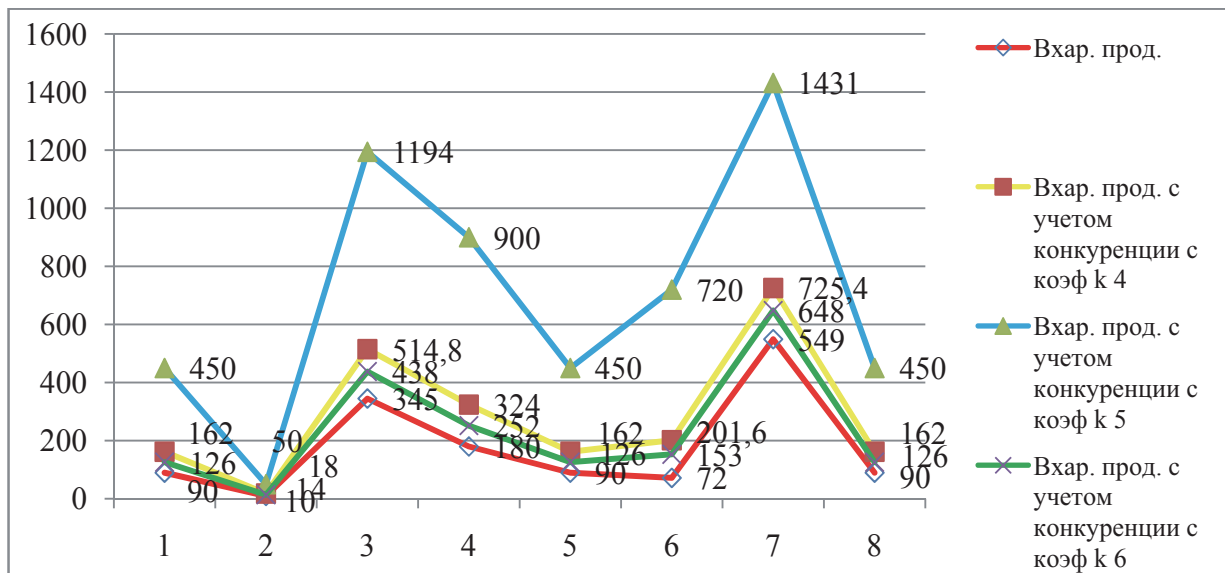


Рис. 2. Карта весомостей характеристик продукции с учетом Вебера-Фехнера

Таблица 2. Рекомендации по выбору зависимости для расчета веса характеристик продукции с учетом закона Вебера-Фехнера

Уровень конкуренции		
Низкий	Средний	Высокий
$B_{6\text{хар.прод.}} = \sum(R_x + \Pi_{\text{отс}_x}^k) \cdot I_x$	$B_{4\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum[\frac{\Pi_{\text{отс}_x}^k}{\Pi_x} (I_x \cdot R_x)]$	$B_{5\text{хар.прод.}} = \sum(I_x \cdot R_x) (\Pi_{\text{отс}_x}^k + 1)$

при анализе результатов потребительских оценок значимости требований и степени их реализации различными организациями, необходимо учитывать действия закона Вебера-Фехнера.

В соответствии с законом Вебера-Фехнера разница в один балл будет соответствовать двукратному улучшению, тогда в случае, если оценка выполняется по пятибалльной шкале, необходимо пересмотреть разницу между C_{\max} и $C_{\text{орг}}$, используя следующую шкалу (табл. 3, рис. 3):

Тогда разницу между баллами рассчитывается следующим образом. Разница между 5 баллами и 4 баллами составит 40 единиц (80-40). Разница между 4 баллами и 3 составит 20 единиц (40-20). Разница между 3 баллами и 2 составит 10 единиц (20-10). Разница между 2 баллами и 1 составит 5 единиц (10-5).

Такое определение весомости балла имеет свои недостатки, так если число баллов изменяется от 1 до 10, то разница весомостей балла может оказаться слишком большой. Возможен другой вариант определения весомости балла, поставленного потребителем. В случаях, когда оценок нет, например, от 1 до 7, то весомости баллов могут принять такой вид (табл. 4).

Если есть значения не важные, то их можно исключить. Определить весомость балла в общем виде можно следующим образом:

$$x_i = i_{\text{к.б}} * 2^{(i-i_{\text{н.б}})}, \quad (8)$$

где $i_{\text{н.б}}$ – начальный выставленный бал, $i_{\text{к.б}}$ – конечный выставленный бал, i – вычисляемый бал.

ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ МОДЕЛИ QFD-АНАЛИЗА

Внедрение QFD-анализа с учетом конкуренции и законом Вебера-Фехнера на примере жгутов проводов производства ООО «Самараавтожгут», процесса установки блокиратора КПП «Гарант Консул» для автомобилей Nissan, стеклоочистителя производства ООО «Самара-АвтоПрибор».

В данной главе рассмотрено электрооборудование, производимое ООО «Самараавтожгут», находящееся в передней и задней частях автомобиля Лада Гранта, соединенных при помощи переднего и заднего жгута проводов. При проведении исследования использовался метод письменного анкетирования, метод, требующий меньших затрат. Письменное анкетирование проходило в сервисном центре Самара-Лада в течение 2014 года. В роли респондентов выступали 100 непосредственных потребителей автомобилей Лада Гранта у которых возникли гарантийные случаи по дефекту жгутов проводов, для выяснения у них требований и пожеланий к данной продукции. При определении требований

Таблица 3. Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера

Баллы	1	2	3	4	5
Весомость балла	5	10	20	40	80

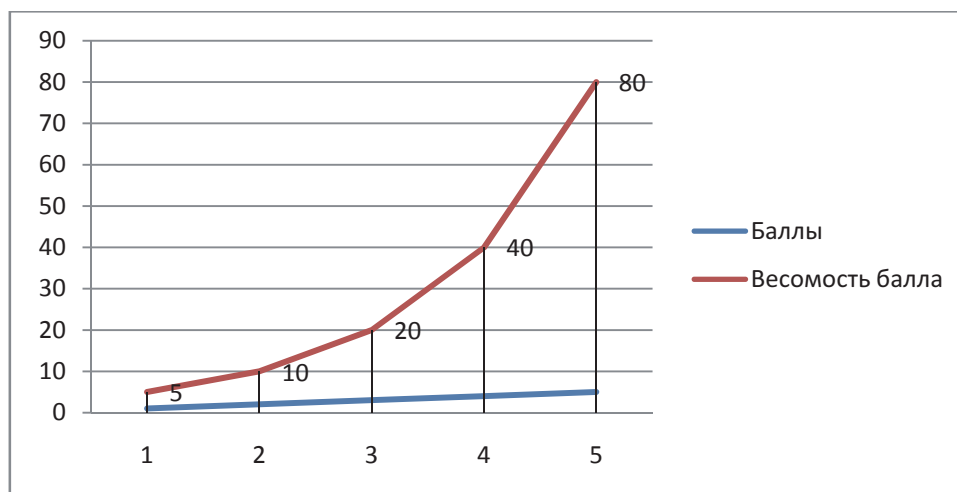


Рис. 3. Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера

Таблица 4. Пример распределения важности требования по степени удовлетворенности по одному требованию

Баллы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Весомость балла	0	0	0	0	0	0	0	10	20	40

потребителя был сформулирован Дом качества, представленный в табл. 5.

Для выяснения конкурентоспособности продукции ООО "Самараавтожгут" провели исследование и выяснили насколько удовлетворены этими требованиями потребители у предприятий-конкурентов: ЗАО «ПЭС/СКК» и ООО «Яззак». Данные сведены в табл. 6.

Весомость характеристик продукции с учетом положения на рынке рассчитана по зависимости 2, т.к. отставание от конкурентов среднее:

$$V_{\text{хар.прод.с учетом конкуренции}} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum \left[\frac{P_{\text{отсх}}}{C_x} \cdot (I_x \cdot R_x) \right], \quad (9)$$

где I_x – связь между требованием и характеристиками продукции (▲ - 1; ○ - 3; ● - 9), R_x – абсолютный вес требования, $P_{\text{отсх}}$ – разница между целевым и полученным значениями уровня удовлетворенности потребителя (или разница между значениями у конкурента и организации) (учитывается только в случае если результаты расчетов неотрицательные), C_x – целевое значение степени реализации требования потребителя.

Весомость характеристик продукции с учетом положения на рынке и законом Вебера-Фехнера (коэффициент $k = 2$, который учитывает степень интенсивности ощущения эксперта-потребителя) рассчитана по зависимости 5:

$$V_{\text{хар.прод.с учетом з-на В-Ф}} = \sum(I_x \cdot R_x) + \sum \left[\frac{P_{\text{отсх}}^k}{C_x} \cdot (I_x \cdot R_x) \right], \quad (10)$$

Результаты расчетов весомости характеристик продукции с учетом конкуренции и с учетом закона Вебера-Фехнера сведены в табл. 7.

Сравнив оценки степени удовлетворенности требований новой продукции и продукции конкурентов на рынке, выявлены направления совершенствования проектируемой продукции. Для повышения качества производства жгутов проводов на ООО «Самараавтожгут» нужно обратить внимание в первую очередь на совершенствование таких характеристик, как:

1. отсутствие окисления контакта;
2. усилие отрыва наконечника от провода;
3. целостность изоляции.

Таблица 5. QFD-анализ жгутов проводов

Требования потребителей	Важность	Характеристики жгутов проводов ООО «Самараавтожгут»							
		Усилие отрыва клеммы от провода	Усилие отрыва гильзы от провода	Усилие отрыва наконечника от провода	Целостность изоляции	Наличие защитного колпачка	Наличие липкой ленты (Scara)	Отсутствие окисления контакта	Отсутствие раковин в структуре металла клемм
Регулярный запуск двигателя автомобиля с первой попытки	10	●	▲	○	●				●
Повышение защиты электро-проводки от коротких замыканий (возгорания автомобиля)	10				●	●			
Стабильный заряд аккумулятора	9							●	
Отсутствие шума в проводке	8						●		
Бесперебойная работа фонаря освещения в багажнике	9							●	
Бесперебойная работа фар	9			●				●	
Бесперебойная работа обогрева заднего стекла	8							●	
Стабильная работа освещения в салоне	8			●				●	
Стабильная работа блокировки дверей	9			●				●	
Стабильная работа датчика парковки	9			●				●	
Абсолютный вес	1426	90	10	345	180	90	72	549	90
Относительный вес, %	1	0,063	0,007	0,242	0,13	0,063	0,05	0,384	0,063

Таблица 6. Удовлетворенность продукцией конкурентов

Требования потребителей	ООО "Самара-автожгут"	ЗАО «ПЭС/СКК»	ООО «Язаки»
Регулярный запуск двигателя автомобиля с первой попытки	3	3	4
Повышение защиты проводки от коротких замыканий (возгорания автомобиля)	3	4	5
Стабильный заряд аккумулятора	4	3	4
Отсутствие шума в проводке	3	3	5
Бесперебойная работа фонаря освещения в багажнике	5	4	4
Бесперебойная работа фар	3	4	5
Бесперебойная работа обогрева заднего стекла	4	5	4
Стабильная работа освещения в салоне	5	5	5
Стабильная работа блокировки дверей	4	3	3
Стабильная работа датчика парковки	3	3	5

Таблица 7. Результаты расчетов характеристик продукции с учетом положения на рынке

	a	b	c	d	e	f	g	h
$V_{\text{хар.прод.}} = \sum (I_x \cdot R_x)$	90	10	345	180	90	72	549	90
$V_{1\text{хар.прод.}} = \sum (I_x \cdot R_x) + \sum \left[\frac{Помсх}{Ц_x} (I_x \cdot R_x) \right]$	126	14	438	252	126	115,2	661	126
$V_{4\text{хар.прод.}} = \sum (I_x \cdot R_x) + \sum \left[\frac{Помсх^k}{Ц_x} (I_x \cdot R_x) \right]$	162	18	515	324	162	201,6	725	162

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алешков А.В., Алешкова М.А.* О перспективах QFD-анализа при разработке инновационной продукции // *Baikal Research Journal*. 2015. Т. 6. № 1. С. 10.
2. *Мелихов А.В.* Управление нечеткими множествами как инструмент совершенствования QFD-метода // *Компетентность*. 2015. № 4 (125). С. 20-27.
3. *Шпер В.Л.* Метод QFD // *Методы менеджмента качества*. 2015. № 4. С. 52-53.
4. *Овчинникова К.Д., Шкарина Т.Ю.* Применение метода QFD для решения проблем на российских предприятиях // *Научные исследования: от теории к практике*. 2014. № 1 (1). С. 315-316.
5. *Азарова С.П.* Анализ факторов, определяющих удовлетворенность потребителей качеством услуг // *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2013. Т. 179. С. 13-19.
6. *Попов С.А., Суркова Т.В., Бабкин П.Ю.* QFD: метод повышения конкурентоспособности продукции // *Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика*. 2013. Т. 15. № 2. С. 134-138.
7. *Хакимов Р.М., Гильванова Д.М.* Управление качеством на основе структурирования функций качества QFD // *Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития*. 2013. № 9. С. 122-125.
8. *Шарашкина Т.П.* Применение QFD-метода в целях повышения эффективности управления процессом проектирования и разработки продукции // *Системное управление*. 2013. № 2 (19). С. 30.
9. *Семенов В.Л., Иванова Ж.В.* Определение требований потребителя в рамках применения QFD-метода // *Экономика и эффективность организации производства*. 2012. № 17. С. 90-93.
10. *Розно М.И.* QFD: анализируем требования потребителей // *Методы менеджмента качества*. 2011. № 7. С. 4-10.

**DEVELOPING PROCEDURES QFD-ANALYSIS BASED ON NEW METHOD
CALCULATING CHARACTERISTICS OF PRODUCT**

© 2016 Y.S. Klochkov¹, A.U. Gazizulina¹, A.V. Sedelnikov²,
T.S. Vasilyeva², E.V. Demidenko², E.A. Ilina¹

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

² Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

Universal tool for product development is QFD-analysis, forming a continuous flow of information, ensuring that all elements of the production system are interrelated and are subject to customer requirements. In terms of management of the organization, the introduction of QFD-analysis is seen as improving design, technology or process in order to save costs; increase the quality and other strategic objectives, allowing providing competitiveness of the organization. The disadvantages of the current approach is that the method of calculating the characteristics of the product is not always calculated correctly.

Keywords: quality management, QFD, standardization, Weber-Fechner law.

*Yury Klochkov, Doctor of Technics, Professor, Director of
Science and Education Monitoring Center.*

E-mail: klochkov_yus@spbstu.ru

*Andrey Sedelnikov, Doctor of Technics, Associate Professor
at the Space Engineering Department.*

E-mail: axe_backdraft@inbox.ru

*Albina Gazizulina, Candidate of Technics, Leading
Specialist of Science and Education Monitoring Center*

albinagazizulina@gmail.com

Tatiana Vasilieva, PhD-Student. E-mail: tanyavsv@rambler.ru

Elena Demidenko, PhD-Student. E-mail: assistantssau@mail.ru

Ekaterina Ilina, PhD-Student.

E-mail: ilina.ekaterina093@gmail.com