

УДК 65.018.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЗНАЧИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК С УЧЕТОМ ЗАКОНА ВЕБЕРА-ФЕХНЕРА

© 2025 Т.С. Тулаева

АО «Атомэнергопроект», г. Москва, Россия

Статья поступила в редакцию 25.09.2025

Проанализирован закон Вебера-Фехнера, а также его действие в рамках расчета значимости характеристик. Рассмотрено влияние закона при оценке качества продукции органолептическим методом. Предложена математическая модель расчета значимости характеристик с учетом конкуренции. Предложено использование закона Вебера-Фехнера при построении Дома качества, за счет которого усовершенствуется расчет весомости характеристик конструкции, технологии или процесса. Разработан метод расчета значимости характеристик продукции, основанный на использовании закона Вебера-Фехнера. Предложен алгоритм выбора метода расчета значимости характеристик продукции, обеспечивающий достоверность результатов расчета. Разработан вариант расчета весомости балла в общем виде. Построена карта весомостей характеристик продукции с учетом закона Вебера-Фехнера, а также приведен пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера.

Ключевые слова: проектирование характеристик, расчет значимости характеристик, качество, закон Вебера-Фехнера

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3(2)-398-402

EDN: VDKIBW

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование характеристик продукции играет ключевую роль в создании успешного конечного продукта. Проводить расчет значимости характеристик продукции особенно важно, поскольку это позволяет определить приоритизацию ресурсов, снизить риски за счет исключения перегрузки продукта лишними функциями, сфокусироваться на потребностях потребителя, обеспечить долговечность и надежность продукта, а также завладеть конкурентными преимуществами. Учитывая, что конечное качество продукции потребитель определяет, пользуясь органолептическим методом, возникает необходимость разработки методики расчета значимости характеристик продукции с учетом действия закона Вебера-Фехнера.

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

При создании продукции важно учитывать, что оценка качества продукции потребителем проводится при помощи органов чувств: зрения, обоняния, осязания и вкуса. В связи с этим необходимо учитывать действие закона Вебера-Фехнера, описывающего взаимосвязь между силой стимула и интенсивностью вызванного ощущения. Этот закон связывает субъективное восприятие (вкус, цвет, звук) с объективными изменениями раздражителя (концентрация, яркость, громкость). Он помогает создавать равноступенчатые шкалы (например, цветовые или градации вкуса) с целью равномерного восприятия изменений. Исследования восприятия изначально опирались на психофизиологические методы, но со временем дополнились электрофизиологическими, морфологическими и биохимическими подходами. Современные методы также включают компьютерное моделирование и автоматизированный анализ данных [1]. Правильное применение закона для расчета значимости характеристик продукции способно помочь улучшить удовлетворенность потребителя, поскольку продукт будет соответствовать его естественному восприятию.

Закон Вебера-Фехнера служит основой для построения равноступенчатых шкал цветов, в том числе и для построения равноступенчатых шкал серых эталонов, применяемых для оценки прочности окрасок к физико-химическим воздействиям. Согласно этому закону для получения равноступенчатых шкал ароматических цветов (т.е. ряда цветов, отличающихся визуально друг от друга по светлоте на одно и то же число порогов) необходимо, чтобы светлота этих цветов изменялась в геометрической прогрессии.

Закон Вебера-Фехнера объясняет отчасти тот факт, что к белой краске требуется добавить довольно много черной краски для заметного понижения ее светлоты, в то время как малейшая примесь белой краски к черной сразу же резко высветляет глубокий черный цвет.

Тулаева Татьяна Сергеевна, ведущий инженер. E-mail: tstulaewa@yandex.ru

Закон Вебера-Фехнера действует в допороговом диапазоне изменения силы раздражителя. В запороговой области механизм ощущений резко меняется и при дальнейшем усилении раздражителя наступает пресыщение или шок. С экономических позиций это проявление закона убывающей предельной полезности. Он действует как в отношении количества, так и качества товаров, в той мере, в какой качество определяет полезность продукта. Существование порога насыщения и убывания предельной полезности по мере приближения к нему обусловлено как субъективными закономерностями процесса потребления, так и объективными факторами формирования потребительского эффекта повышения качества. Полезность многих товаров оценивается субъектом именно по интенсивности ощущений. В квалиметрии это означает, что количественное возрастание какого-либо свойства может превратить его из полезного во вредный. Тем самым создается естественная предпосылка существования оптимального уровня качества. Как правило, она дополняется или сложным образом сопрягается с экономической предпосылкой. Данное замечание справедливо по отношению к свойствам почти всех товаров [2-3, 5].

В связи с необходимостью учета восприятия продукции потребителем разработан метод расчета значимости характеристик продукции, основанный на использовании закона Вебера-Фехнера и предложен алгоритм выбора методов расчета, обеспечивающий достоверность результатов.

Таким образом, модель расчета весомости характеристик конструкции, технологии или процесса, базирующаяся на действии закона Вебера-Фехнера, включает коэффициент k , который является константой и зависит от субъекта ощущения. Данный коэффициент чувствительности вводится для учета различия между требуемым уровнем удовлетворения потребностей и фактически достигнутым уровнем.

Формула расчета весомости характеристик конструкции, технологии или процесса с учетом степени реализации требований в зависимости от веса его важности с введенным дополнительным коэффициентом k по закону Вебера-Фехнера имеет следующий вид:

$$B_{\text{хар.прод3}} = \Sigma(I_x \cdot R_x) + (1 + k_2 \cdot \lg_{10} \cdot \frac{P_x}{P_{\text{срх}}}) . \quad (1)$$

В данной формуле учитывается связь между требованием и характеристиками продукции I_x , абсолютный вес требования R_x , уровень удовлетворенности P_x , средний по рынку уровень удовлетворенности $P_{\text{срх}}$, а также уровень чувствительности k_2 . Введен $\lg_{10}$, который учитывает степень интенсивности ощущения эксперта-потребителя. Значения весомости характеристик изменятся. Таким образом, при $P_x = P_{\text{срх}}$ формула приобретает вид:

$$B_{\text{хар.прод}} = \Sigma(I_x \cdot R_x) . \quad (2)$$

Предлагается модель расчета весомости характеристик продукции с учетом конкуренции. Так, формулы имеют следующий вид:

$$B_{\text{хар.прод1}} = \Sigma(I_x \cdot R_x) + \Sigma(\frac{P_{\text{отсх}}}{C_x} \cdot (I_x \cdot R_x)) . \quad (3)$$

$$B_{\text{хар.прод2}} = \Sigma(I_x \cdot R_x) \cdot (1 + k_2 \cdot \frac{P_{\text{отсх}}}{C_x}) . \quad (4)$$

Результаты расчетов характеристик продукции с учетом положения на рынке и коэффициента k представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчетов с учетом уточненных значений потребительских оценок

Коеф.	Характеристика продукции						
	a	b	c	d	e	f	g
$B_{\text{хар.прод}}$	90	10	345	180	255	72	105
$B_{\text{хар.прод1}}$	108	12	446,4	216	329,4	86,4	127,8
$B_{\text{хар.прод2}}$	180	20	852	360	627	144	219
$B_{\text{хар.прод3}}$	46,4	5,2	76,6	92,8	58,4	37,1	48,5

Исходя из данных таблицы, можно определить, что веса характеристик продукции пропорционально увеличились относительно формулы 2, не учитывающей конкуренцию. Это говорит о том, что если есть отставание от конкурентов и это значение возвести в степень k , то можно увидеть интенсивность ощущения эксперта-потребителя. При этом, если рассчитывать вес характеристики продукции, то начать усовершенствование следует с характеристики g , а характеристику f необходимо усовершенствовать только лишь 7-й. Однако, учитывая закон Вебера-Фехнера, характеристику f следует усовершенствовать 4-й. Таким образом, учитывая закон Вебера-Фехнера, действия по совершенствованию характеристик существенно изменятся и будут учитывать степень интенсивности ощущения эксперта-потребителя.

Влияние коэффициента k на формулу 1 можно оценить при помощи графика на рисунке 1, данные для которого взяты из таблицы 1.



Рисунок 1. Карта весомостей характеристик продукции с учетом Вебера-Фехнера

Для выбора метода расчета значимости характеристик продукции с учетом конкуренции и закона Вебера-Фехнера предложен алгоритм, состоящий из трех основных этапов:

1. Сбор сведений по удовлетворенности потребителей продукцией конкурентов и рассматриваемой организации.
2. Определение разницы между значениями у конкурента и рассматриваемой организацией;
3. Выбор формулы.

В некоторых случаях для получения оценок профессионально важных качеств используются достаточно сложные методы математической статистики: факторный, кластерный анализы и другие. В некоторых случаях они дают неплохие результаты, но их применение в практике психодиагностики во многом ограничено сложностью и неоднозначностью интерпретации результатов этих видов статистического анализа, существенными ограничениями, налагаемыми на характер входной (исходной) психодиагностической информации (как правило, результаты тестирования должны быть не ниже интервального уровня измерения).

Следует отметить, что поставленные потребителем оценки за выполнение его требования чаще всего не подчиняются прямолинейному распределению. Поскольку ощущения обусловлены внешними впечатлениями, то интенсивность ощущения должна явно зависеть от силы впечатления. Необходимо не только численно определить интенсивность ощущений, но и найти закон, связывающий изменения этих интенсивностей с изменениями величины впечатлений [4]. Для этого рассмотрен подробнее элемент Дома качества и оценки эксперта-потребителя.

В связи с тем, что конечное качество продукции определяет потребитель, пользующийся органолептическим методом, при анализе результатов потребительских оценок значимости требований и степени их реализации различными организациями необходимо учитывать действие закона Вебера-Фехнера.

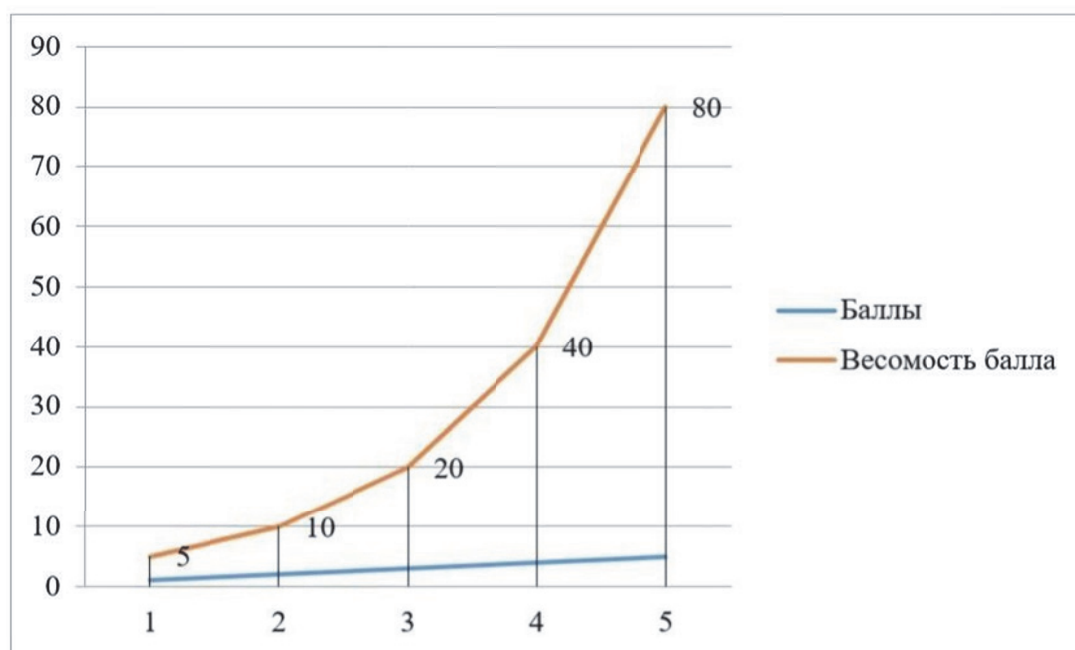
Согласно закону Вебера-Фехнера разница в один балл будет соответствовать двукратному улучшению. В случае, если оценка выполняется по пятибалльной шкале, необходимо пересмотреть разницу между максимальной оценкой и оценкой организации. Для этого применима шкала, приведенная в таблице 2.

Пример определения весомости балла в соответствии с законом представлен на графике (рисунок 2).

Таким образом, можно рассчитать разницу. 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). В результате изменятся значения в «правой комнате» Дома качества (оценка потребителем организаций). Значения оценки потребителем сведены в таблицу 3. Результаты расчетов с учетом уточненных значений потребительских оценок представлены в таблице 4.

Таблица 2. Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера

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

**Рисунок 2.** Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера**Таблица 3.** Уточненные значения оценки потребителем организаций (конкурентов)

Оценка потребителем организаций		
Мы (организация)	Конкуренты	
	А	Б
20	20	40
20	40	80
40	20	40
20	20	80
80	40	40
20	40	80
40	80	40
80	80	80
40	20	20
20	20	80

Экспертные оценки представляют собой новую информацию, на основе которой формируется решение проблемы [6].

Однако такое определение весомости балла имеет свои недостатки. Если число баллов изменяется от 1 до 10, то разница весомостей балла может оказаться слишком большой. Возможны другие варианты определения весомости балла, поставленного потребителем, например, в случаях, когда оценок нет от 1-7, то весомости баллов могут принять вид, представленный в таблице 5.

Значения, не имеющие особую важность, можно исключить. Возможно определить весомость балла в общем виде, используя предлагаемую формулу:

$$x_i = i_{к.б.} \cdot 2^{(i - i_{н.б.})}. \quad (5)$$

В данной формуле задействованы значение начального выставленного балла $i_{н.б.}$, конечного выставленного балла $i_{к.б.}$, а также вычисляемый балл i .

Таблица 4. Результаты расчетов с учетом уточненных значений потребительских оценок

Показатели	a	b	c	d	e	f	g	h
V _{хар.прод}	180	20	375	360	180	45	540	180
V _{хар.прод1}	315	35	00	630	315	78,75	787,5	315
V _{хар.прод2}	10980	1220	18375	21960	10980	2745	20340	10980
V _{хард.прод3}	720	80	1995	1440	720	585	2700	720

Таблица 5. Пример определения весомости балла в соответствии с законом Вебера-Фехнера

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Производителю особо важно создавать качественную конкурентоспособную продукцию, что требует расчета значимости характеристик продукции для определения наиболее важных и выявления слабых и сильных мест. Таким образом, разработана методика расчета значимости характеристик с учетом действия закона Вебера-Фехнера. Поскольку качество продукции потребитель определяет, пользуясь органолептическим методом, необходимо учитывать данный закон, суть которого заключается в том, что для сильного стимула требуется большее изменение, чтобы оно было заметным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Выготский, Л.С.* Психология развития человека / Л.С. Выготский. – М.: Изд-во «Эксмо», 2005. – 1136 с.
2. *Шиффман, Х.* Ощущение и восприятие / Х. Шиффман. – СПб.: Питер, 2003. – 928 с.
3. *Паповян, С.С.* Математические методы в социальной психологии / С.С. Паповян. – М.: Наука, 1988. – 343 с..
4. *Брагин, Ю.В.* Путь QFD: проектирование и производство продукции, исходя из ожиданий потребителей / Ю.В. Брагин. – Ярославль: ННОУ «Центр качества», 2003. – 240 с.
5. *Андреев, Э.П.* Измерение как средство познания / Э.П. Андреев // Вопросы философии. – 1982. – № 9. – С. 87- 94.
6. *Гуцыкова, С.В.* Метод экспертных оценок. Теория и практика / С.В. Гуцыкова. – М.: Институт психологии РАН, 2011. – 144 с.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CALCULATING THE SIGNIFICANCE OF CHARACTERISTICS TAKING INTO ACCOUNT THE WEBER-FEXNER LAW

© 2025 T.S. Tulaeva

JSC Atomenergoproekt, Moscow, Russia

The Weber-Fechner law has been analyzed, as well as its application in calculating the significance of characteristics. The influence of the law on the evaluation of product quality using the organoleptic method has been considered. A mathematical model for calculating the significance of characteristics has been proposed, taking into account competition. The use of the Weber-Fechner law in building a House of Quality has been suggested, which can improve the calculation of the importance of characteristics of a design, technology, or process. A method for calculating the significance of product characteristics based on the use of the Weber-Fechner law has been developed. An algorithm for selecting a method for calculating the significance of product characteristics has been proposed, ensuring the accuracy of the calculation results. A variant of calculating the weight of a point in general form has been developed. A map of the weights of product characteristics has been constructed, taking into account the Weber-Fechner law, and an example of determining the weight of a point in accordance with the Weber-Fechner law has been provided.

Keywords: characteristic design, characteristic significance calculation, quality, Weber-Fechner law.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3(2)-398-402

EDN: VDKIBW

REFERENCES

1. *Vygotskij, L.S.* Psihologiya razvitiya cheloveka / L.S. Vygotskij. – M.: Izd-vo «Eksmo», 2005. – 1136 s.
2. *Shiffman, H.* Oshchushchenie i vospriyatie / H. Shiffman. – SPb.: Piter, 2003. – 928 s.
3. *Papovyan, S.S.* Matematicheskie metody v social'noj psihologii / S.S. Papovyan. – M.: Nauka, 1988. – 343 s.
4. *Bragin, Yu.V.* Put' QFD: proektirovanie i proizvodstvo produkci, iskhodya iz ozhidaniy potrebitel'ev / Yu.V. Bragin. – Yaroslavl': NNOU «Centr kachestva», 2003. – 240 s.
5. *Andreev, E.P.* Izmerenie kak sredstvo poznaniya / E.P. Andreev // Voprosy filosofii. – 1982. – № 9. – S. 87- 94.
6. *Gucykova, S.V.* Metod ekspertnyh ocenok. Teoriya i praktika / S.V. Gucykova. – M.: Institut psihologii RAN, 2011. – 144 s.

Tatiana Tulaeva, Leading Engineer. E-mail: tstulaewa@yandex.ru