

**Использование метода стоимостных регрессионных зависимостей  
на примере комплексной оценки уровня качества реабилитационных  
и спортивных тренажеров**

**Бондаренко А.С.**, аспирант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** В статье обосновано использование метода стоимостных регрессионных зависимостей для комплексной оценки уровня качества, раскрыто на примере комплексной оценки уровня качества реабилитационных и спортивных тренажеров. Выбор предмета исследования обусловлен тем, что возможность и целесообразность применения того или иного привода в реабилитационных и спортивных тренажерах изучены недостаточно широко.

**Ключевые слова:** оценки уровня качества, комплексная оценка качества, параметры весомости, метод стоимостных регрессионных зависимостей, интегральный показатель, электропневматический привод.

**The use of cost regression on the example of a comprehensive assessment  
of the quality level of rehabilitation and sport equipment**

**Bondarenko A.S.**, graduate student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Saint Petersburg State Polytechnic University», St. Petersburg

**Annontation.** The article substantiates the use of a method of cost regression for a comprehensive assessment of the quality level, disclosed the example of a comprehensive assessment of the level of quality of rehabilitation and fitness equipment. Choosing the subject of research due to the fact that the possibility and expediency of a particular drive in rehabilitation and sports trainers are not well

understood widely.

**Keywords:** assessment of quality, comprehensive quality assessment, options weight, cost regression method, iintegral indicator, electropneumodrive.

Комплексный метод оценки уровня качества любой продукции применяется, когда возможно и целесообразно характеризовать уровень качества одним обобщенным показателем, выраженным через исходные показатели качества. Комплексная оценка качества продукции применяется в различных случаях: сравнения нескольких вариантов продукции с целью выбора наилучшего из них, обобщения и обработки информации о качестве продукции в автоматизированных системах управления, определения исходных данных для оценки уровня качества разнородной продукции, аттестации, анализа динамики, планирования улучшения качества продукции.

«При комплексной оценке уровня качества с помощью средних взвешенных показателей необходимо определять параметры весомости. Различают следующие методы определения параметров весомости»<sup>1</sup>:

- Стоимостных регрессионных зависимостей;
- Предельных и номинальных значений;
- Эквивалентных соотношений;
- Экспертный.

Эти методы отличаются друг от друга исходной информацией и ее использованием для определения параметров весомости. Все методы при правильном их использовании должны приводить примерно одинаковым результатам (в пределах точности имеющихся данных).

Для уменьшения влияния ошибок исходных данных и погрешностей методов полезно определять параметры весомости разными методами, сопоставляя полученные результаты.

Метод стоимостных регрессионных зависимостей основан на построении

---

<sup>1</sup> Квалиметрические проблемы управления качеством продукции: науч. тр./Всесоюзный научно-исследовательский институт стандартизации. М. 1973. Вып. 17. С. 77.

приближенных зависимостей между затратами на создание и эксплуатацию данного вида и показателями качества продукции. Этот метод целесообразно применять в тех случаях, когда имеющееся число вариантов продукции, для которых известны значения показателей качества и затрат достаточно велико и превосходит количество выбранных показателей. Работа по определению параметров весомости по оценке качества тренажеров среди различных вариантов приводов уже проводилась автором методом экспертных оценок. Метод предельных и номинальных значений в данной задаче нельзя провести из-за отсутствия исходных данных, метод эквивалентных соотношений - в связи с тем, что не требуется обоснования какому относительному изменению количества продукции эквивалентно с точки зрения общего эффекта от использования продукции по назначению рассматриваемое относительное изменение данного показателя качества. Поэтому в данной работе был использован метод стоимостных регрессионных зависимостей. Это метод в отличие от проведенного до этого экспертного метода использует объективные исходные данные, который более точно определит параметры весомости.

Сегодня в спорт-индустрии, фитнесе и медицине у большинства тренажеров отсутствуют важные характеристики для анализа тренировочного или восстановительного процесса: максимальная нагрузка, время движения, максимальное количество движений, при заданной нагрузке, импульс силы.

Данные характеристики можно проконтролировать на тренажерах с приводной техникой. Однако существующие реабилитационные и спортивные тренажеры на базе электропневматического привода используются и изучены недостаточно широко. Поэтому необходимо провести исследование эффективности этих тренажеров, в том числе и экономической составляющей, с помощью комплексного метода оценки качества, является актуальной задачей.

Комплексную оценку уровня качества проанализируем на основе трех вариантов приводов – электромеханический, электрогидравлический, электропневматический с целью выбора их оптимального варианта использования в реабилитационных и спортивных тренажерах.

«Комплексные показатели качества продукции одного вида характеризуются способом их выражения и условиями использования продукции по назначению. Во всех случаях, когда это возможно, следует определять и использовать для комплексной оценки качества продукции главный показатель, наиболее полно отражающий возможности продукции выполнять ее основное назначение»<sup>2</sup>.

Главным показателем качества для реабилитационных и спортивных тренажеров никак не может являться производительность или количество людей, обсуживающихся на данном тренажере, как например, для металлорежущего станка или автобуса.

Исходя из того, что «основное назначение реабилитационных и спортивных тренажеров – это создание искусственных условий для тренировки и контролирование параметров для совершенствования физических качеств спортсмена»<sup>3</sup> (пользователя), то главный показатель качества тренажера можно оценить через критерий уровня двигательных качеств –

– это показатель развития ведущих мышечных групп в отдельных фазах движения за определенное время (сравнение до и после тренировки).

Так как основной параметр в силовых реабилитационных и спортивных тренажерах это задаваемая нагрузка, то предложим, что главным показателем качества тренажёра будет являться качество задаваемой нагрузки, которая зависит от используемого в тренажере привода. Соответственно, качество тренажера будет определяться динамическими характеристиками привода тренажера.

К динамическим характеристикам привода может относиться: частота среза, момент инерции, повторяемость, линейность системы. В достоверных источниках информации были выбраны частота среза и момент инерции привода [4, 7, 8].

Для комплексной оценки уровня качества продукции можно

---

<sup>2</sup> Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. М.: Экономика, 1982. 256 с.

<sup>3</sup> Дьяченко Н.А. Тренажеры в физической культуре и спорте: учеб. пособие. СПб.: Изд-во НГУ им. П.Ф.Лесгафта, 2013. 73с.

пользоваться интегральным показателем, который равен отношению суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным капитальным и эксплуатационным затратам. Для комплексной оценки уровня качества реабилитационных и спортивных тренажеров были использованы суммарные капитальные затраты, то есть стоимость привода для реабилитационного и спортивного тренажера.

Комплексный показатель качества продукции может быть выражен баллами или категорией качества (высшей, первой, второй), функциональной зависимостью главного или интегрального показателя от исходных показателей качества продукции, средними взвешенными показателями качества продукции. Средние взвешенные показатели получают путем усреднения исходных показателей качества продукции с параметрами весомости.

В связи с тем, что привод тренажера сам по себе является сложной системой, включающий в себя механизмы машин, электрику, электронику и другие элементы системы, то выбрать один главный показатель и построить функциональную зависимость показателя от исходных данных не получается.

Поэтому комплексными показателями были выбраны средние взвешенные показатели.

Параметры весомости усредненных показателей вычисляются методом стоимостных регрессионных зависимостей.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Исходные данные

№	Варианты приводов	Показатели качества		
		$P$ , рад/сек.	$S^1$ , кгсм <sup>2</sup>	$S^2$ , тыс.руб.
1	Электрогидравлический	180	3,8	300
2	Электропневматический	50	0,3	100
3	Электромеханический	110	0,9	200

где  $P$  – частота среза,  $S^1$  – момент инерции,  $S^2$  – стоимость привода.

Опишем математическую модель, используемую для метода стоимостных регрессионных зависимостей.

Качество  $k$ -го варианта тренажера будет характеризоваться интегральным показателем  $I^k$  ( $k = 1, \dots, m$ ); где  $m$  – число вариантов (таблице 1 соответствует  $m=3$ ).

Каждый вариант характеризуется набором из  $(n_1 + n_2)$  показателей качества  $P^k, S_1^k, S_2^k$ ; где  $P^k$  – показатели качества  $k$ -го варианта тренажера, увеличение которых приводит к увеличению интегрального показателя  $I^k$ ;  $S_i^k$  – показатель качества, увеличение которых приводит к уменьшению интегрального показателя  $I^k$ .

Полагая, что для

$$y^k = \sum_{i=1}^m \mu_i x_i^k \quad (1)$$

где  $\mu_i$  – параметр весомости показателя  $P_i$ ,

$$x_i^k = \lg \frac{P_i^k}{P_i^{\text{cp}}}; \quad (2)$$

$$y^k = \lg \frac{S^k}{S^{\text{cp}}}; \quad (3)$$

$$P_i^{\text{cp}} = \left( \prod_{i=1}^m P_i^k \right)^{1/m}; \quad (4)$$

$$S^{\text{cp}} = \left( \prod_{i=1}^m S^k \right)^{1/m}. \quad (5)$$

Требуемые величины  $x_i^k$  и  $y_i^k$  ( $i = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3$ ) для построения регрессионной зависимости (1) вычисляется по формулам (2) и (3).

Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Значения величин  $x_i^k$  и  $y_i^k$ 

№	№P	Показатель	K1	K2	K3	Рср <sup>ариф</sup>	x1	x2	x3
2	P1	Частота среза	180	50	110	113,333	0,2009	-0,3553	-0,0129
№	№S	Показатель	1	2	3	Ср <sup>ариф</sup>	y1	y2	y3
1	S1	Момент инерции	3,8	0,3	0,9	1,6666	0,3579	-0,7447	-0,2676
3	S2	Стоимость привода	300	100	200	200	0,1760	-0,3010	0

Регрессионная зависимость между показателями качества строится с помощью формулы:

$$\mu_1 * \sum_{i=1}^m y_{i1} * y_{i1} + \mu_2 * \sum_{i=1}^m y_{i2} * y_{i1} = \sum_{i=1}^m y_{i1} x^k;$$

$$\mu_1 * \sum_{i=1}^m y_{i1} * y_{i2} + \mu_2 * \sum_{i=1}^m y_{i2} * y_{i2} = \sum_{i=1}^m y_{i2} x^k;$$

Параметры весомости рассчитываются методом наименьших квадратов по формулам:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{k=1}^m y_{i1} x^k * \sum_{k=1}^m (y_{i2}^k)^2 - (\sum_{k=1}^m y_{i2} * x^k) * (\sum_{k=1}^m y_{i1} * y_{i2})}{\sum_{k=1}^m (y_1^k)^2 * \sum_{k=1}^m (y_2^k)^2 - (\sum_{k=1}^m (y_{i1} y_{i2}))^2}; \quad (6)$$

$$\mu_2 = \frac{\sum_{k=1}^m y_{i2} x^k * \sum_{k=1}^m (y_{i1}^k)^2 - (\sum_{k=1}^m y_{i1} * x^k) * (\sum_{k=1}^m y_{i1} * y_{i2})}{\sum_{k=1}^m (y_1^k)^2 * \sum_{k=1}^m (y_2^k)^2 - (\sum_{k=1}^m (y_{i1} y_{i2}))^2}; \quad (7)$$

Оптимальному варианту тренажера должно соответствовать наибольшее значение интегрального показателя  $I^k$  определяемого по формуле:

$$I^k = \frac{\frac{P^k}{P^{cp}}}{\left(\frac{S_1^k}{S_1^{cp}}\right)^{\mu_1} * \left(\frac{S_2^k}{S_2^{cp}}\right)^{\mu_2}};$$

В результате расчетов получены следующие значения интегрального показателя  $I^k$ :

$$I^1 = 0,886;$$

$$I^2 = 1,380;$$

$$I^3 = 0,296;$$

Таким образом, из полученных результатов видно, что наилучшим является второй вариант тренажера – тренажер с электропневматическим приводом, для которого величина суммы интегральных показателей качества наибольшая ( $\sum I^3=1,38$ ).

Проведенные исследования показали, что для повышения эффективности тренировочного процесса у спортсменов высшей квалификации, а также для повышения работоспособности лиц при реабилитации и лечении, разработка и исследование тренажеров на базе электропневматических приводов является актуальной задачей.

Для оценки их эффективности необходимо было с достаточной достоверностью определить тот тренажер с определенными конструктивными особенностями - типом привода, который бы наиболее полно удовлетворял требованиям целевого применения. Определение влияния динамических характеристик и стоимости привода на его эффективность посредством метода стоимостных регрессионных зависимостей по расчету параметров весомости, позволило выявить оптимальный вариант тренажера.

Как отмечалось ранее, в работе автора [2] был использован метод экспертных оценок, при котором наиболее эффективным тренажером был признан тренажер с электропневматическим приводом, что подтверждает расчеты по методу стоимостных регрессионных зависимостей. Стоит отметить, что данный метод основан на объективных измерениях, поэтому данный расчет наиболее эффективен при расчете количественных показателей. Если же в расчетах присутствуют также и качественные показатели, которые сложно оценить и перевести в количественные баллы, то в этом случае метод экспертных оценок более предпочтителен.

#### **Библиографический список:**

1. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. М.: Экономика, 1982. 256 с.



2. Бондаренко А.С. и др. Использование многофакторного анализа при обосновании конструктивных особенностей реабилитационных и спортивных тренажеров // Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф., 17-18 марта 2016г./ НВГУ, Нижневартковск, 2016.
3. Bondarenko S.K. Race Walking.- S.-Petersburg. Institute of Chemistry of St. Petersburg State University, 2003. – 121 p., fig.
4. Ганымин Н.С. и др. Динамика быстродействующего гидравлического привода. – М.: Машиностроение, 1979. 80 с.
5. Дьяченко Н.А. Тренажеры в физической культуре и спорте: учеб. пособие. СПб.: Изд-во НГУ им. П.Ф.Лесгафта, 2013. 73с.
6. Квалиметрические проблемы управления качеством продукции: науч. тр. / Всесоюзный научно-исследовательский институт стандартизации. М. 1973. Вып. 17. С. 77.
7. Харченко А.Н. Повышение точности и быстродействия промышленных механотронных электропневматических следящих приводов на основе аппаратной и программной интеграции мехатронных компонентов: дис... канд.техн.наук. – М. – 2010.
8. Каталог продукции Camozzi. 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.camozzi.ru/productiya/catalog/>