

УДК 621.86

DOI: 10.30987/article_5b86585260a9b9.31615612

В.Ю. Анцев, Н.А. Витчук, Н.Н. Курдюбов

ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКТАЦИИ ГРУЗОВОГО ЛИФТА НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ ЭКСПЕРТНОЙ КВАЛИМЕТРИИ

Предложено возможное решение задачи выбора приводных систем для комплектации грузовых лифтов на основе методологии экспертной квалиметрии, позволяющее учесть конкретные условия эксплуатации лифта, а также снизить затраты

временных и финансовых ресурсов в процессе выбора типа привода грузового лифта.

Ключевые слова: квалиметрия, привод лифта, экспертная оценка, ранжирование, критерии оценки, коэффициент конкордации.

V.Yu. Antsev, N.A. Vitshuk, N.N. Kurdyubov

SUBSTANTIATION OF FRIGHT LIFT COMPLETE SET BASED ON METHODOLOGY OF EXPERT QUALITY METERING

The design variety of freight lift drives causes troubles in choosing an optimum drive design for specific operation conditions. It stipulates for the development urgency of recommendations on the choice and substantiation of freight lift drives on parameters and criteria reflecting the purposefulness of this or that drive design fulfillment. This paper reports a possible solution of the problem specified with the use of the procedure of expert quality metering.

As comparable drives there was chosen a chain drive and a drive with a cable leading pulley. A comparison was carried out on seven criteria: cost, a value of noise and vibration, energy consumption, work smoothness, assemblage complexity, driving element wear, dimensions. There was used an expert method for the assessment of criteria emphasized of objects compared. In the expert assessment five experts highly

qualified and competent in this field took part. Consistency of the expert assessments obtained was confirmed by a factor of concordance.

On the results basis of the expert assessment there was carried out a criterion ranking on the scale of an order with the purpose of the definition of factors of criterion weightiness. A comparison of freight lift drives was carried out according to quantitative weighted values of each criterion and also according to an overall index defined through a method of weighted average arithmetic integral assessment. As a result it was defined that the application of a chain drive is the most preferable.

Key words: quality metering, lift drive, expert assessment, ranking, assessment criteria, factor of concordance.

В любой отрасли машиностроения совершенствование качественных и эксплуатационных характеристик машин и механизмов достигается использованием наиболее оптимальных конструкторских решений. Принятие оптимального решения, т.е. наиболее предпочтительного по сравнению с другими, может быть затруднено в силу отсутствия измеримых качественных показателей, по которым можно провести сравнительную оценку нескольких предлагаемых решений. Например, выбор параметров привода лифта по известным методикам расчета [1; 2] проводится с позиций обеспечения требуемых силовых и кинематических характеристик, а также долговечности. При этом они не учитывают ряд показателей, таких как стоимость, величина шума и вибрации,

энергопотребление и др. Решение многокритериальной задачи по выбору параметров объектов, в том числе привода лифта, лежит в основе методов квалиметрии.

Для проведения сравнительного анализа типов приводов лифта были выделены следующие критерии: стоимость (R_1), величина шума и вибрации (R_2), расход электроэнергии (R_3), плавность работы (R_4), сложность монтажа (R_5), износ тяговых элементов (R_6), габаритные размеры (R_7). Сравнение по перечисленным критериям возможно при их приведении в сопоставимый вид.

С этой целью может быть использован один из методов квалиметрии – экспертный метод. Преимущества экспертного метода оценивания заключаются в отнесенной технологической простоте

применения, малых затратах времени на получение численных величин отдельных свойств и качеств объектов [3 – 8]. К недостаткам можно отнести относительно большую погрешность и малую надежность итоговых результатов, а также большую трудоемкость, связанную с привлечением в качестве экспертов квалифицированных специалистов, обладающих такими качествами, как компетентность, уверенность, объективность, деловитость и заинтересованность.

Однако наличие недостатков не снижает популярности данного метода среди

различных методов квалиметрии для количественного оценивания качества объектов.

В качестве сравниваемых типов приводов грузового лифта выбраны цепной привод и привод с канатоведущим шкивом (КВШ) [9]. Для проведения экспертной оценки были привлечены пять экспертов, компетентных в решении поставленной задачи. Каждый эксперт оценивает выделенные критерии с использованием опросного листа, форма которого приведена на рисунке.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ							
Объект оценки _____							
ФИО эксперта _____							
Должность эксперта _____							
Оцените важность приведенных в таблице критериев по следующей шкале оценки:							
1 балл - самый незначимый критерий;							
2 балла - незначимый критерий;							
3 балла - значимый критерий;							
4 балла - более значимый критерий;							
5 баллов - наиболее значимый критерий;							
6 баллов - очень значимый критерий;							
7 баллов - самый значимый критерий.							
Критерий	Оценка в баллах						
	1	2	3	4	5	6	7
Стоимость							
Вибрация/шум							
Расход эл. энергии							
Плавность работы							
Сложность монтажа							
Износ тяговых элементов							
Габариты							
Дата _____				Подпись _____			

Рис. Форма опросного листа

Результатом проведенного опроса является ранжирование критериев по шкале порядка. Далее определяются суммы рангов каждого критерия, на основе которых рассчитываются коэффициенты весо-ности по формуле [10]

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^m R_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} R_{ij}},$$

где R_{ij} – ранг, присвоенный j -м экспертом i -му критерию; m – число экспертов; n – число оцениваемых критериев.

Результаты опроса экспертов и расчета коэффициентов весо-ности критериев представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспертной оценки критериев важности

Критерий	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Сумма рангов	Коэффициент весомости
R_1	7	5	6	6	7	31	0,22
R_2	2	4	3	2	3	14	0,10
R_3	1	2	1	3	1	8	0,06
R_4	3	1	2	4	2	12	0,09
R_5	4	3	5	5	6	23	0,16
R_6	5	6	7	1	4	23	0,16
R_7	6	7	4	7	5	29	0,21
Итого						140	1,00

Точность экспертных оценок определяют по согласованности мнений экспертов. Степень совпадения оценок экспертов выражается коэффициентом конкордации [10]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

где S – сумма квадратов отклонений рангов от среднего значения.

Коэффициент конкордации может принимать значения от 0 до 1: 0 – абсолютная несогласованность мнений экспертов, 1 – полное совпадение мнений экспертов [10].

Расчет коэффициента конкордации был проведен на основе данных, приведенных в табл. 2:

$$W = \frac{12 \cdot 464}{5^2(7^3 - 7)} = 0,66.$$

Таблица 2

Расчет суммы квадратов отклонений рангов от среднего значения

Сумма рангов	Отклонение рангов от среднего значения	Квадрат отклонения
31	11,00	121,00
14	-6,00	36,00
8	-12,00	144,00
12	-8,00	64,00
23	3,00	9,00
23	3,00	9,00
29	9,00	81,00
Сумма квадратов отклонений		464

Так как значение коэффициента конкордации ближе к 1, полученные коэффициенты весомости можно использовать в расчетах.

Сравнительный анализ цепного привода и привода с КВШ по выделенным критериям также был проведен с использованием экспертного метода. Группа экспертов оценивала значимость каждого критерия по сравниваемым приводам по

заданной балльной шкале: 1 балл – самый незначимый критерий; 2 балла – незначимый критерий; 3 балла – значимый критерий; 4 балла – более значимый критерий; 5 баллов – наиболее значимый критерий; 6 баллов – очень значимый критерий; 7 баллов – самый значимый критерий.

Результаты экспертного оценивания сведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Результаты опроса экспертов для определения значимости критериев в приводе с КВШ

Критерий	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	$Q_{i\text{ ср}}$
Стоимость	4	5	1	4	2	3,2
Шум/вибрация	5	5	6	4	5	5,0
Расход электроэнергии	4	3	5	4	4	4,0
Плавность работы	5	6	4	5	5	5,0
Сложность монтажа	3	4	2	4	3	3,2
Износ тяговых элементов	3	2	4	3	3	3,0
Габаритные размеры	3	4	3	5	3	3,6

Таблица 4

Результаты опроса экспертов для определения значимости критериев в цепном приводе

Критерий	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	$Q_{i\text{ ср}}$
Стоимость	7	4	7	6	5	5,8
Шум/вибрация	4	5	4	5	4	4,4
Расход электроэнергии	4	5	4	4	5	4,4
Плавность работы	5	4	5	5	5	4,8
Сложность монтажа	4	5	4	6	6	5,0
Износ тяговых элементов	7	5	6	4	7	5,8
Габаритные размеры	5	6	7	5	5	5,6

Результаты экспертного оценивания необходимы для определения количественного значения каждого критерия с учетом весовых коэффициентов:

$$K_i = \mu_i \cdot Q_{i\text{ ср}},$$

где μ_i – коэффициент весомости критерия; $Q_{i\text{ ср}}$ – средняя оценка по каждому критерию, определенная по результатам опроса экспертов.

На основе количественных взвешенных значений каждого критерия по срав-

ниваемым объектам определяется обобщенный показатель:

$$K_{\text{об}} = \sum_{i=1}^n K_i = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot Q_{i\text{ ср}}.$$

Количественные значения каждого критерия с учетом весовых коэффициентов и значения обобщенных показателей для привода с КВШ и цепного привода представлены в табл. 5.

Таблица 5

Определение обобщенного показателя для цепного привода и привода с КВШ

Критерии	Привод с КВШ	Цепной привод
Стоимость	0,70	1,28
Шум/вибрация	0,50	0,44
Расход электроэнергии	0,24	0,26
Плавность работы	0,45	0,43
Сложность монтажа	0,51	0,80
Износ тяговых элементов	0,48	0,93
Габаритные размеры	0,76	1,18
Обобщенный показатель	3,64	5,32

Обоснование выбора типа привода грузового лифта базируется на сравнении

значений обобщенных показателей по каждому типу привода, полученных сумми-

рованием значений каждого критерия. Если сравнивать значения обобщенных показателей по рассматриваемым типам приводов, то, по мнению экспертов, в комплектации грузового лифта наиболее предпочтительным является применение цепного привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анцев, В.Ю. Многовариантный подход к определению параметров канатно-блочной системы лифта / В.Ю. Анцев, В.И. Сероштан, П.В. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 10. – С. 71-78.
2. Анцев, В.Ю. Обеспечение долговечности лифтовых канатопроводящих шкивов / В.Ю. Анцев, П.В. Витчук // Тяжелое машиностроение. – 2013. – № 11-12. – С. 37-41.
3. Азгальдов, Г.Г. Квалиметрия для всех / Г.Г. Азгальдов. – М.: ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
4. Азгальдов, Г.Г. Квалиметрическая экспертиза: руководство по организации экспертизы и проведению квалиметрических расчетов / Г.Г. Азгальдов, В.М. Маргунина. – М.: Русский регистр, 2002. – 517 с.
5. Анцев, В.Ю. Методика квалиметрической оценки качества производственных процессов / В.Ю. Анцев, Н.А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 8-1. – С. 324-331.

1. Antsev, V.Yu. Multiversion approach to parameter definition of cable-block lift system / V.Yu. Antsev, V.I. Seroshtan, P.V. Vitchuk // *Proceedings of Tula State University. Engineering Sciences*. – 2012. – No. 10. – pp. 71-78.
2. Antsev, V.Yu. Life assurance of lift cable driving pulleys / V.Yu. Antsev, P.V. Vitchuk // *Heavy Engineering*. – 2013. – No.11-12. – pp. 37-41.
3. Azgaldov, G.G. Quality Metering for All / G.G. Azgaldov. – M.: *InformKnowledge*, 2012. – pp. 165.
4. Azgaldov, G.G. Quality metering examination: guide for examination organization and fulfillment of quality metering computations / G.G. Azgaldov, V.M. Margunina. – M.: *Russian Register*, 2002. – pp. 517.
5. Antsev, V.Yu. Procedure of industrial process quality metering / V.Yu. Antsev, N.A. Vitchuk // *Proceedings of Tula State University. Engineering Sciences*. – 2017. – No. 8-1. – pp. 324-331.

Использование методологии экспертной квалиметрии упрощает процесс выбора оптимальной конструкции привода лифта для конкретных условий эксплуатации. Такой выбор можно назвать обоснованным, отвечающим заданным критериям, по которым проводится экспертное оценивание сравниваемых приводов.

6. Анцев, В.Ю. Квалиметрическая оценка поставщиков / В.Ю. Анцев, Е.Ю. Игнатенко, Н.И. Пасько // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 1. – С. 434-440.
7. Литвак, Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б.Г. Литвак. – М.: Патент, 1996. – 56 с.
8. Ивахненко, А.Г. Моделирование систем качества: учеб. пособие / А.Г. Ивахненко, М.Л. Сторублев. – Курск: ЮЗГУ, 2011. – 174 с.
9. Витчук, Н.А. Обоснование выбора привода лифта с использованием методов квалиметрии / Н.А. Витчук // *Электронный журнал: наука, техника и образование*. – 2017. – № 3 (14). – С. 32-37. – URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/b7af43b21f0b22617a6e5f4fc6f0bd72.pdf> (дата обращения: 8.02.2018).
10. Федюкин, В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции / В.К. Федюкин. – М.: Филин, 2004. – 296 с.

6. Antsev, V.Yu. Quality metering of suppliers / V.Yu. Antsev, E.Yu. Ignatenko, N.I. Pasko // *Proceedings of Tula State University. Engineering Sciences*. – 2012. – No.1. – pp. 434-440.
7. Litvak, V.G. *Expert Assessments and Decision-Making* / B.G. Litvak. – M.: Patent, 1996. – pp. 56.
8. Ivakhnenko, A.G. *Quality System Simulation: manual* / A.G. Ivakhnenko, M.L. Storublyov. – Kursk: SWSU, 2011. – pp. 174.
9. Vitchuk, N.A. Substantiation of lift drive choice using quality metering methods / N.A. Vitchuk // *Electronic Journal: Science, Engineering and Education*. – 2017. – No.3 (14). – pp. 32-37. - URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/b7af43b21f0b22617a6e5f4fc6f0bd72.pdf> (address date: 8.02.2018.).
10. Fedyukin, V.K. *Quality Metering Fundamentals. Produce Quality Control* / V.K. Fedyukin. – M.: Filin, 2004. – pp. 296.

Статья поступила в редколлегию 28.03.18.
Рецензент: д.т.н., профессор Юго-Западного государственного университета
Ивахненко А.Г.

Сведения об авторах:

Анцев Виталий Юрьевич, д.т.н., профессор Тульского государственного университета, e-mail: Anzev@tsu.tula.ru.

Витчук Наталья Андреевна, к.т.н., доцент Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского, e-mail: vitchuk.natalya@mail.ru.

Antsev Vitaly Yurievich, D. Eng., Prof., Tula State University, e-mail: Anzev@tsu.tula.ru.

Vitchuk Natalia Andreevna, Can. Eng., Assistant Prof., Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, e-mail: vitchuk.natalya@mail.ru.

Курдюбов Николай Николаевич, студент Калужского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), e-mail: nkurdyubov@mail.ru.

Kurdyubov Nikolay Nikolayevich, Student of Kaluga Branch of Bauman State Technical University of Moscow (National Research University), e-mail: nkurdyubov@mail.ru.