

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-4.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/05TVN417.pdf>

Статья опубликована 07.08.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Харлов М.В., Попов В.А. Методика оценки технического состояния эскалатора // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/05TVN417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 629.083**

**Харлов Максим Викторович**

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»  
Россия, Санкт-Петербург<sup>1</sup>  
Доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины»  
Кандидат военных наук  
E-mail: [maxha@mail.ru](mailto:maxha@mail.ru)  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=79461](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=79461)

**Попов Валерий Анатольевич**

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»  
Россия, Санкт-Петербург  
Заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [vpopov\\_58@mail.ru](mailto:vpopov_58@mail.ru)  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=413089](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=413089)

## **Методика оценки технического состояния эскалатора**

**Аннотация.** В статье содержится краткое обоснование актуальности разработки методики оценки технического состояния эскалатора. Описана математическая модель оценки, которая предполагает получение результата на основе методов квалиметрии. В модели применены параметры, количественно выражающие качество эскалатора – его работоспособность. При этом эскалатор рассмотрен как совокупность подсистем. Оценка формируется с учетом важности конкретной подсистемы для обеспечения работоспособности эскалатора, балльной оценки подсистемы и параметра, выражающего влияние на процесс оценки квалификации оценщика. В статье определены значения параметров модели и способы их применения для получения искомого результата. Значение параметра важности подсистемы определено на основе сведений о доли ее отказов от общего числа отказов эскалатора. Для определения балльной оценки предполагается наличие специальных инструкций оценщика. Параметр квалификации оценщика изменяется в зависимости от квалификационной категории (уровень образования) и подкатегорий (стаж работы). Также в статье показаны основные пути совершенствования данной методики. Статья полезна для научно-технических работников, занимающихся разработкой и совершенствованием нормативно-технической и методической документации по вопросам технической эксплуатации эскалаторов. Методика практически апробирована на городском предприятии транспорта.

**Ключевые слова:** эскалатор; техническое состояние; методика оценки; квалиметрия; математическая модель

---

<sup>1</sup> 190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9

Как известно, точная, достоверная и своевременная оценка состояния важна для любой технической системы, так как такие сведения могут существенно повысить эффективность ее эксплуатации. Важна такая оценка и для эскалаторов, которые нашли широкое применение как подъёмно-транспортное оборудование, осуществляющее перемещение людей с одного уровня поверхности на другой [3, 6, 7, 8].

Особое значение качественная оценка технического состояния имеет для эксплуатации тоннельных эскалаторов, безотказная работа которых напрямую влияет на эффективность и безопасность функционирования транспортной системы в масштабах целого города [4, 10]. Однако на текущий момент методический аппарат оценки технического состояния эскалатора еще не сформирован. А применяемый подход к оценке полностью субъективен и сильно зависит от квалификации исполнителя [10].

Оценка технического состояния эскалатора это, по сути, определение его качества на текущий момент времени. При этом под понятием «качество» понимается совокупность свойств объекта, характеризующих его полезность (или пригодность) для достижения целей существования этого объекта [1, 5].

Современное научное сообщество уже задавалось проблемой оценки и количественного измерения качества. Это знание сформировалось в виде относительно молодой науки – квалиметрии. Интерпретированные методы квалиметрии вполне могут быть использованы для решения задач оценки технического состояния эскалаторов.

Определим математическую модель оценки технического состояния эскалатора.

Известно, что эскалатор является сложной технической системой, поэтому его техническое состояние может быть определено по совокупному состоянию его подсистем. Число этих подсистем примем равным  $N$ . Каждую подсистему характеризует оценка ее технического состояния, выраженная количественно параметром  $c_n$ , где

$$n = \{1; 2; \dots; N\}. \quad (1)$$

А всю систему характеризует интегральный параметр  $C$  выражаемый:

$$C = \sum_{n=1}^N c_n. \quad (2)$$

Оценка подсистемы  $c_n$  численно выражается баллом  $b_n$ , с учетом важности этой подсистемы, которая отражена параметром  $a_n$ . Полная оценка подсистемы определяется по следующему выражению, в баллах:

$$c_n = a_n \cdot b_n. \quad (3)$$

Что касается параметра  $a_n$ , то он безразмерный и находится в следующих пределах:

$$a_n = \{0 \dots 1\}. \quad (4)$$

Сумма всех  $a_n$  равна единице, а частный  $a_n$  не равен нулю.

Параметр  $b_n$  находится в следующих пределах, в баллах:

$$b_n = \{0; 1; \dots; b_{max_n}\}, \quad (5)$$

где:  $b_{max_n}$  – максимальный балл оценки  $n$  подсистемы.

На итоговую оценку  $C$  оказывает влияние уровень квалификации оценщика, что должно быть учтено в модели. Этот уровень может быть выражен безразмерным параметром  $k$ :

$$k = \{0 \dots 1\}. \tag{6}$$

Наивысшей будет квалификация с  $k=1$ , а квалификацию с уровнем  $k=0$  допускать нельзя.

Максимально возможная оценка  $C$  будет следующей, в баллах:

$$C_{max} = \left( \sum_{n=1}^N a_n \cdot b_{max_n} \right) \cdot 1. \tag{7}$$

Таким образом, оценку технического состояния в целом можно выразить так, в баллах:

$$C = \left( \sum_{n=1}^N a_n \cdot b_n \right) \cdot k \rightarrow C_{max},$$

где

$$a_n \neq 0; \tag{8}$$
$$\sum_{n=1}^N a_n = 1;$$
$$k \neq 0.$$

Количество подсистем  $N$  зависит от конструктивной сложности рассматриваемого объекта. Любая новая техническая система имеет свои уникальные черты. А если рассматривать эскалаторы, то они также могут конструктивно отличаться друг от друга. Поэтому при определении подсистем важно сильно не углубляться в особенности конструкции, а показать наиболее общие и структурно отдельные блоки технической системы, рассмотрение которых качественно отличается. Для большинства эскалаторов можно установить набор подсистем, представленный в таблице 1.

Важность той или иной подсистемы отражает степень внимания к этой подсистеме при выполнении контроля ее технического состояния. Получается, что наибольшее внимание должно быть уделено той подсистеме, которая чаще подвержена отказу.

Основываясь на личном опыте авторов и данных из источников научно-технической информации [6, 7], распределение отказов подсистем будет выглядеть так, как это представлено выше в таблице 1.

**Таблица 1**

**Сведения о подсистемах эскалатора**

№ п/п	Наименование подсистем эскалатора	Доля отказа подсистем, в %	Важность подсистем
1	Механизмы привода и устройства натяжения эскалатора	8	0,08
2	Несущие металлоконструкции	2	0,02
3	Лестничное полотно и его трасса	20	0,2
4	Балюстрада и поручневое устройство	40	0,4
5	Электрооборудование, включая устройства управления, приборы и устройства безопасности	30	0,3

*Разработана авторами*

Важность подсистемы вычисляется по формуле:

$$a_n = \frac{\lambda_n}{100}. \quad (9)$$

где:  $\lambda_n$  – доля отказа подсистемы  $n$ , в %.

Для оценки подсистемы в баллах нужно определить одно из следующих ее состояний:

- работоспособное (исправное) состояние;
- работоспособное состояние с незначительными неисправностями и замечаниями, которые могут быть устранены сразу;
- работоспособное состояние с неисправностями и замечаниями, которые могут быть устранены при очередном техническом обслуживании;
- неработоспособное состояние.

Баллы оценки состояния можно принять соответственно следующие: 3 балла за исправное состояние и далее по убыванию. При этом вполне очевидно, что если хотя бы одна подсистема будет неработоспособной, то весь эскалатор будет неработоспособен, а его оценка технического состояния равна нулю баллов.

Балльную оценку эскалатора выполняет оценщик на основе личного опыта и набора инструкций (правил, методических рекомендаций). Они конкретно и детально характеризуют то или иное техническое состояние эскалатора. Составление этих инструкций требует отдельной сложной и кропотливой работы с привлечением специалистов в этой области. При этом учитываются требования соответствующих нормативно-технических документов. Следует сказать также, что содержание этих инструкций должно регулярно обновляться и уточняться с целью обеспечения их актуальности.

На квалификацию работника, как известно, влияет множество факторов [2]. В качестве основных можно установить следующие: уровень профессионального образования и стаж работы.

В соответствии с уровнем профессионального образования правильной выделить три квалификационные категории: эксперт, специалист и рабочий.

Эксперт – это работник – специалист, аттестованный в качестве эксперта в порядке, установленном нормативно-правовыми документами.

Специалист – это работник, имеющий высшее образование в соответствующей сфере профессиональной деятельности.

Рабочий – это работник, имеющий среднее профессиональное образование в соответствующей сфере профессиональной деятельности.

Что касается стажа работы, то здесь подразумевается срок профессиональной деятельности, непосредственно связанной с объектом оценки. Практика показывает, что высокий уровень профессиональной деятельности может быть достигнут в течение 10 лет непрерывного стажа. В связи с этим, определенные выше квалификационные категории целесообразно разделить на две подкатегории: работник, имеющий стаж до 10 лет, работник со стажем 10 лет и более.

В зависимости от квалификационной категории и подкатегории будет меняться значение параметра уровня квалификации оценщика  $k$ . Этим компенсируется неточность оценки технического состояния эскалатора. Значения параметра  $k$  приведены в таблице 2.

Таблица 2

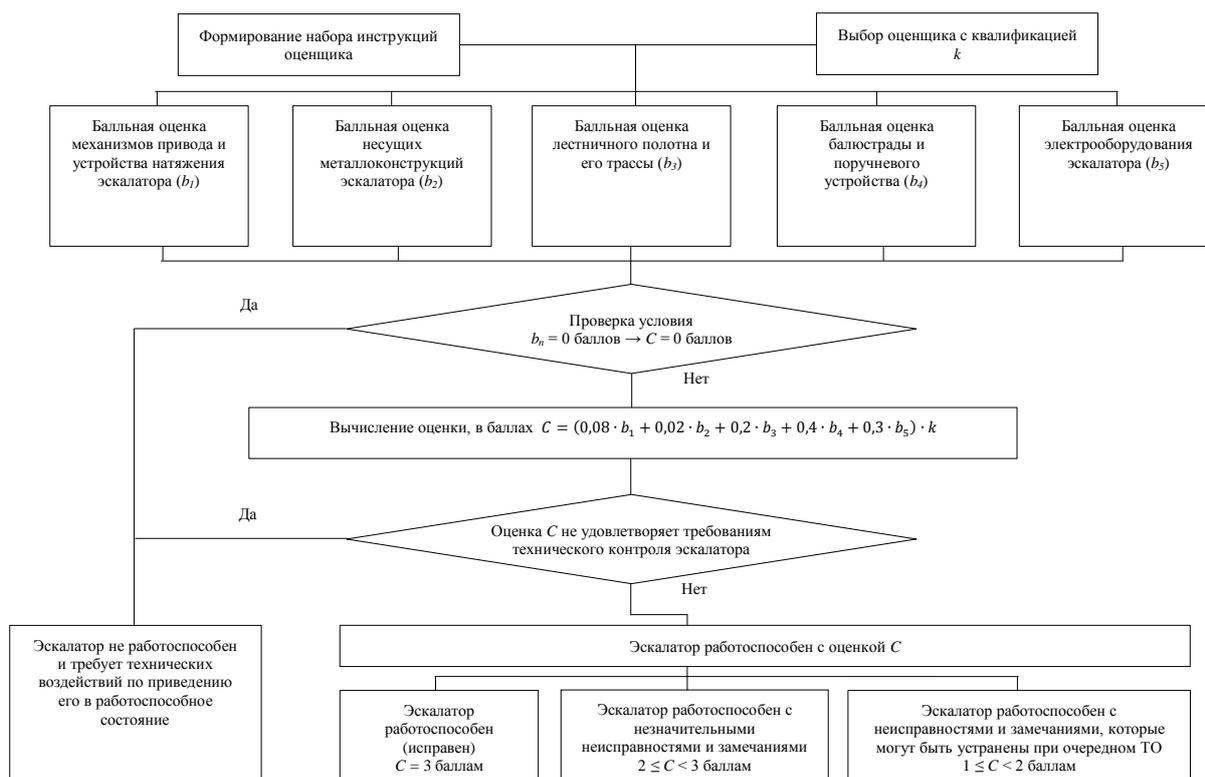
**Зависимость параметра уровня квалификации от квалификационных категорий и подкатегорий**

№ п/п	Квалификационные категории	Квалификационные подкатегории	Значение параметра уровня квалификации $k$
1	Эксперт	работник со стажем 10 лет и более	1,000
2		работник, имеющий стаж до 10 лет	0,975
3	Специалист	работник со стажем 10 лет и более	0,950
4		работник, имеющий стаж до 10 лет	0,925
5	Рабочий	работник со стажем 10 лет и более	0,900
6		работник, имеющий стаж до 10 лет	0,875

Разработана авторами

Итоговая оценка  $C$  будет иметь значение от 0 до 3 баллов. В таком виде она может сравниваться с некоторыми пороговыми значениями, актуальными для разных случаев контроля технического состояния эскалатора. Например, для принятия положительного заключения в результате технического освидетельствования тоннельного эскалатора после капитального ремонта, оценка его технического состояния должна быть больше либо равна одному баллу.

В целом методика оценки представлена на следующем рисунке.



**Рисунок. Последовательность оценки технического состояния эскалатора (разработан авторами)**

С учетом изложенного математическая модель оценки технического состояния эскалатора примет следующий вид, в баллах:

$$C = (0,08 \cdot b_1 + 0,02 \cdot b_2 + 0,2 \cdot b_3 + 0,4 \cdot b_4 + 0,3 \cdot b_5) \cdot k \rightarrow 3,$$

где

$$n = \{1; 2; 3; 4; 5\}; \quad (10)$$

$b_n = \{0 \text{ баллов}; 1 \text{ балл}; 2 \text{ балла}; 3 \text{ балла}\}; C=0 \text{ баллам при } b_n=0 \text{ баллов};$

$k = \{0,875; 0,900; 0,925; 0,950; 0,975; 1,000\}.$

Следует отметить, что некоторые положения данной методики могут быть доработаны с учетом мнения экспертов в данной области. В частности, это касается значений параметра важности подсистем и уровня квалификации.

Параметр важности можно скорректировать с учетом влияния подсистемы на безопасность эксплуатации объекта. Воздействие уровня квалификации на эффективность оценки технической системы также до конца еще не изучено и требует проведения отдельных исследований. Кроме того, сам уровень квалификации и его связь с квалификационными категориями можно уточнить с точки зрения известной модели квалификационной динамики [9]. Также объективность оценки должна повыситься за счет применения инструкций оценщика. Все вышеперечисленной является целью дальнейшей работы авторов.

Тем не менее, и в представленном виде, данная методика вполне работоспособна и может использоваться для получения качественной информации о техническом состоянии эскалатора в удобной для практических нужд числовой форме. Это подтверждается в ходе апробации методики авторами при выполнении технических освидетельствований после капитального ремонта тоннельных эскалаторов ГУП «Петербургский метрополитен».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов Ю.М., Субетто А.И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. Ленинград: Машиностроение, 1990. 216 с.
2. Аширов Д.А., Резниченко Л.А. Управление персоналом / Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, М., 2004. 193 с.
3. Ватулин Я.С., Коровина М.С., Коровин С.К., Попов В.А. Мониторинг эскалаторов метрополитена при оценке их остаточного ресурса на основе магнитных методов контроля // Транспорт РФ. 2013. № 1 (44). С. 56-59.
4. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Системные аварии и катастрофы в техносфере России / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012. 308 с.
5. Методы квалиметрии в машиностроении: учебное пособие / А.И. Владимиров [и др.]. М.: Технонефтегаз, 1999. 211 с.
6. Олейник А.М., Поминов И.Н. Эскалаторы. М.: Машиностроение, 1973. 256 с.
7. Поминов И.Н. Эскалаторы метрополитена. Устройство, обслуживание и ремонт. М.: Транспорт, 1993. 320 с.
8. Попов В.А., Бардышев О.А., Ватулин Я.С., Щербаков А.В. Оценка ресурса тоннельных эскалаторов Петербургского метрополитена // Механизация строительства. 2015. №1. С. 35-39.
9. Трапезников В.А. Управление и научно-технический процесс. М.: Наука, М. 1983. – 224 с.
10. Харлов М.В. Методические рекомендации по техническому освидетельствованию тоннельных эскалаторов после капитального ремонта // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/16TVN317.pdf> (дата обращения 01.07.2017).

**Kharlov Maksim Viktorovich**

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: maxha@mail.ru

**Popov Valerii Anatolevich**

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Russia, Saint-Petersburg  
E-mail: vpopov\_58@mail.ru

## **Technique for assessing the technical condition of the escalator**

**Abstract.** The article contains a brief substantiation of the urgency of developing a technique for assessing the technical condition of the escalator. A mathematical model of estimation is described, which assumes obtaining the result on the basis of qualimetry methods. The model uses parameters that quantify the quality of the escalator – its performance. The escalator is considered as a set of subsystems. Evaluation is formed taking into account the importance of a particular subsystem to ensure the operability of the escalator, a scoring of the subsystem and a parameter expressing influence on the appraisal expert evaluation process. The article defines the values of the model parameters and the way they are used to obtain the desired result. The value of the importance parameter of the subsystem is determined on the basis of information on the proportion of its failures from the total number of failures of the escalator. To determine the score, it is assumed that there are special instructions from the evaluator. The qualification parameter of the appraiser varies depending on the qualification category (education level) and subcategories (work experience). Also, the article shows the main ways to improve this technique. The article is useful for scientific and technical workers engaged in the development and improvement of normative and technical and methodological documentation on the issues of technical exploitation of escalators. The method is practically tested at the city transport enterprise.

**Keywords:** escalator; technical condition; evaluation technique; qualimetry; mathematical model