

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2021 Ю.А. Извеков, М.Ю. Наркевич

Магнитогорский технический университет имени Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Россия

Статья поступила в редакцию 20.05.2021

В статье предложен квалиметрический метод оценки качества таких опасных производственных объектов металлургического предприятия как специальные мостовые металлургические краны. Исследована несущая конструкция крана, структурно разделенная на четыре главных группы конструкции и пятнадцать элементов, которые несут всю информацию о доминирующих свойствах эксплуатации крана. Введены два показателя качества конструкции крана: комплексный и интегральный. За комплексный принята функция плотности вероятностей уровней надежности элементов конструкции в виде равномерного закона. За интегральный – показатель риска аварии, так как большинство рассматриваемых кранов эксплуатируются за пределами гарантийных сроков. Ценным является полученные количественные данные уровней надежности, которыми должны обладать элементы конструкции. Исследованный квалиметрический метод позволит экспертам принимать верные научно-технические решения и, в конечном итоге, принесет существенный экономический эффект, который может быть сопоставим с ценой нового крана и ввода его в эксплуатацию. Рассматривались специальные краны Магнитогорского металлургического комбината. Статья продолжает развивать исследования квалиметрической науки для оценки качества продукции и различных объектов металлургического предприятия научной школы Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова.

Ключевые слова: Квалиметрия, качество, конструкционный риск-анализ, специальный металлургический кран, вероятность, доминирующие свойства, компенсирующие свойства.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-2-42-45

ВВЕДЕНИЕ

Квалиметрия – это наука об измерении и количественной оценке качества всевозможных предметов и процессов [1, с.10]. Основные положения и методы квалиметрии были разработаны в работах Азгальдова Г.Г. совместно с различными авторами [2] и закреплены в [3]. В [4] достаточно подробно освещены вехи развития квалиметрической научной школы в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова (МГТУ). В данных работах рассматривались квалиметрические методы для продукции металлургического предприятия Магнитогорского металлургического комбината (ММК). На наш взгляд представляется интересным количественная оценка не только продукции, но и других различных объектов металлургического предприятия [5-8]. К ним можно отнести различное оборудование: прокатные станы, конвертеры, металлургические краны. Последние, как правило, эксплуатируются в насыщенных тяжелых и сверхтяжелых режимах, а также за предела-

ми гарантийных сроков. Во многих работах по квалиметрии [1,2,4] предлагается несколько способов и методов. Специальные металлургические краны относятся к опасным производственным объектам [3,4], работающие в большинстве своем (в некоторых случаях определения доминирующих и компенсирующих свойств продукции и объектов. Несмотря на все их многообразие, наиболее применяемым на сегодняшний день является экспертный метод. Рассматривая такие объекты металлургического предприятия как специальные краны, можно сказать, что применить к оценке их качества статистический и экономический затруднительно, а иногда практически невозможно. Объективно – отсутствует необходимая информация либо трудоемкость ее получения.

Таким образом, для развития оценки качества объектов металлургического предприятия – специальных металлургических кранов необходимо разработать квалиметрический метод его количественной оценки, что представляет собой актуальную задачу.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из [1-15] рассмотрим несущую конструкцию металлургического мостового крана. Его функция – поднимать, перемещать, опу-

*Извеков Юрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики. E-mail: yurij.izvekov@mail.ru
Наркевич Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительных конструкций. E-mail: narkevich_tmu@mail.ru*

скать грузы. Выделим основные несущие конструкции:

- металлоконструкция моста: пролетные и концевые балки главного и вспомогательного мостов; зоны приварки кронштейнов проходных галерей моста к стенкам балок; нижние пояса балок;

- пролетные балки вспомогательного моста: общие деформации балок; местные деформации нижних поясов;

- траверса механизма главного подъема: крюки; металлоконструкция траверсы;

- храповая передача механизма главного подъема: храповое колесо; собачки; оси крепления собачек; прижимные пружины; осевое крепление храпового колеса.

Учитывая режимы работы исследуемого крана, будем оценивать по критериям надежности и риска каждую группу несущей конструкции. Тогда уровень надежности конструкции крана P_k , состоящей из уровней надежности ее четырех основных групп P_{ai} будет:

$$P_k = \sum_{i=1}^4 P_{ai} \quad (1)$$

или

$$P_k = \prod_{i=1}^4 P_{ai} \quad (2)$$

В каждой группе несущей конструкции крана выделим элементы с наименьшими p_1 и наибольшими p_2 , причем ($p_2 > p_1$) уровнями надежности. Уровни надежности p_1 и p_2 с позиции квалиметрии будем считать единичными показателями доминирующего свойства такого объекта – конструкционной безопасности. Введем понятие комплексного и интегрального показателя конструкционной безопасности исследуемого объекта. Таким показателем может являться закон распределения вероятностей уровней надежности в группах конструкций.

Введем показатель конструкционной безопасности – закон равномерной плотности, математическая модель которого представлена (3):

$$f(p) = \frac{1}{p_2 - p_1} \quad (3)$$

Математическое ожидание уровня надежности несущих конструкций определяется по следующей формуле (4):

$$m_p = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (4)$$

Дисперсия (5):

$$D_p = \frac{(p_2 - p_1)^2}{12} \quad (5)$$

В процессе эксплуатации математическое ожидание уменьшается – смещается влево. Причины здесь могут быть самые различные: снижение несущей способности конструкций до ошибок персонал, которые их эксплуатируют.

В конкретный момент времени показателя-

ми качества технического состояния несущей конструкции специального металлургического крана будут являться величины уровней надежности и их математическое ожидание. Все вместе эти показатели образуют необходимую и достаточную информацию для определения среднего значения риска аварии R , который в соответствии с принципами квалиметрии можем принять за интегральный показатель конструкционной безопасности потенциально опасного производственного объекта (6):

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n m_{pi} \quad (6)$$

где n – количество элементов в группе, $n = 15$.

Таким образом, задача количественной оценки объекта сведется к задаче определения уровней надежности элементов в группе конструкций. В связи с отсутствием статистических данных по надежности несущих конструкций специальных металлургических кранов будем использовать правило, построенное на основе лингвистической переменной «очень» [5-8]. Значение фактического риска аварии позволяет отнести техническое состояние элемента конструкции крана к одному из трех возможных состояний (табл. 1) [5,6]:

Данные получены путем компьютерного моделирования риск-ситуаций элемента конструкции [5,6].

В результате для каждой из четырех групп несущей конструкции получены уровни надежности (рис. 1).

В результате эксплуатации уровни надежности снижаются, тем самым снижая безопасный ресурс специального металлургического крана. Если по истечению безопасного ресурса и после проведения промежуточных и генеральных обследований будут проведены ремонтно-восстановительные работы с учетом указанных уровней надежности (рис. 1), то кран можно будет эксплуатировать. Если этого не учитывать, то дальнейшая эксплуатация может привести к авариям, катастрофам, соответственно к ущербам, которые могут быть несоизмеримо выше стоимости ремонтно-восстановительных работ. Данный квалиметрический метод упростит работу экспертов при принятии решения об эксплуатации такого объекта, и обеспечит экономический эффект, который может быть сопоставим с ценой нового специального металлургического крана и ввода его в эксплуатацию.

Таблица 1. Значения риска для элемента конструкции

Нормальный риск	0,159
Предельно-допустимый риск	0,521
Катастрофический риск	0,749

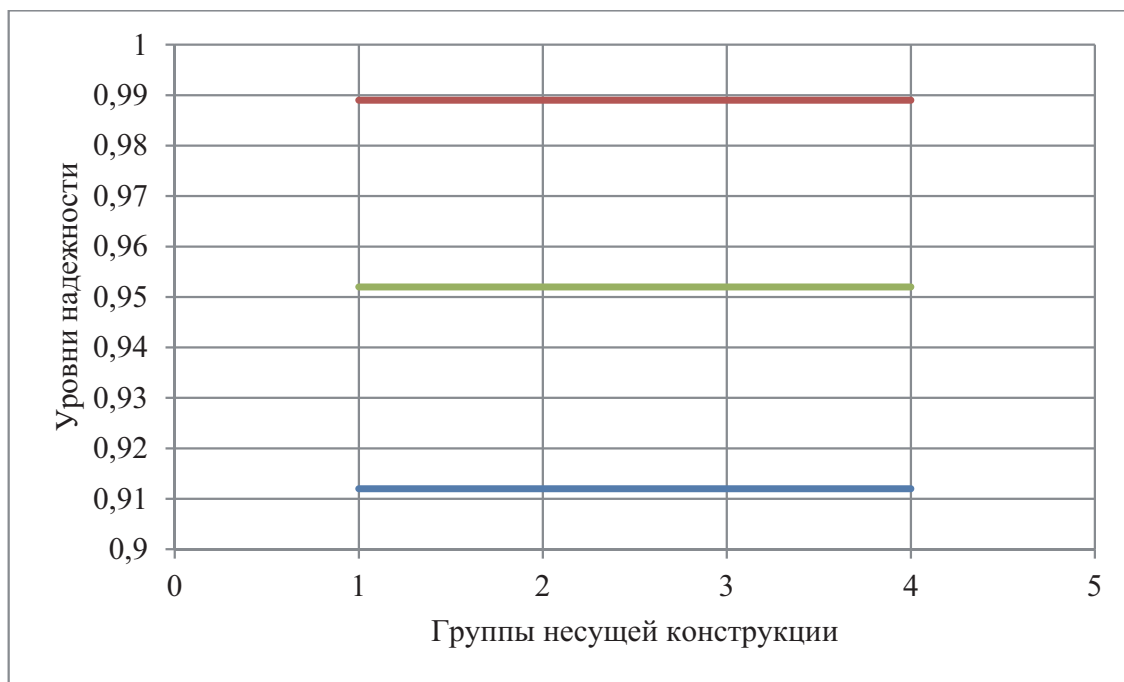


Рис. 1. Уровни надежности для четырех групп несущей конструкции крана

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение последних лет металлургические предприятия используют устаревшее оборудование, которое слабо модернизируется, восстанавливается, эксплуатируется за пределами гарантийных сроков. К таким опасным производственным объектам относятся мостовые металлургические краны. Их качество также необходимо оценивать. Несмотря на множество методов оценки качества такого объекта, в приоритете остается экспертный метод. Статистические и экономические методы на сегодняшний день здесь применить не представляется возможным.

При помощи рассмотренного квалиметрического метода оценки качества объекта металлургического предприятия определены показатели, которые определяют доминирующие свойства конструкции крана. К ним относятся функция плотности распределения вероятностей уровней надежности элементов, составляющих основу конструкции. К интегральному показателю относится среднее значение риска.

Полученные количественные оценки уточняют существующие методики оценки технического состояния исследуемых объектом металлургического предприятия и развивают квалиметрическую теорию при помощи конструкционного риск-анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: Учеб. пособие. М.: Информа-

2. циюно-издательский дом «Филинь», 2004. 296 с.
2. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. М.: Стандарты, 1972. 172 с.
3. ГОСТ 15467-70. Качество продукции. Основные понятия. Термины и определения.
4. Рубин Г.Ш. Квалиметрия метизного производства: монография / Г.Ш. Рубин. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 167 с.
5. Извеков Ю.А. Научные основы методологии оценки и повышения качества технических систем металлургического предприятия. // Сборник трудов V Международной научно-технической конференции Живучесть и конструкционное материаловедение (ЖИВКОМ-2020) в дистанционном формате. Москва, 27-29 октября 2020 года. / Москва. ИМАШ РАН им. А.А. Благонравова, 2020. С. 118-119.
6. Izvekov Yu.A. Quantative Evaluation Algoritm Technical System Reliability. // Scientific Works of the VI International Scientific Conference Fundamental Research and innovative Technologies in Mechanical Engineering. November 26-27, 2019. / Moscow. IMASH RAS A.A. Blagonravova, 2019. P. 195-196.
7. Наркевич М.Ю. Проблемы контроля и оценки качества при изготовлении и монтаже стальных строительных конструкций зданий и сооружений / М.Ю. Наркевич // Архитектура. Строительство. Образование: материалы международной научно-практической конференции. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. - С. 130-136.
8. Наркевич М.Ю., Ильина Е.А., Мехонцев А.А. Оценка единичного показателя качества продукции на основе S-образных логистических кривых // Перспективы науки. 2020. № 6 (129). С. 54-57.
9. ГОСТ 28609-90. Краны грузоподъемные. Основные положения расчета (с Поправкой). ИСС «ТЕХЭКСПЕРТ». 1992.

10. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 г. № 116-ФЗ.
11. Проектирование цехов сталеплавильного производства. Учебник / К.Н. Вдовин, В.Ф. Мысик, В.В. Точилкин, Н.А. Чиченев. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 505 с.
12. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (с Поправкой). -М.: Стандартинформ, 2015. - 53 с.
13. H. Kumamoto, E.J. Henley. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists, IEEE Press, New York (1996).
14. Кузьмин Д. А., Кузьмичевский А. Ю. Метод расчета вероятности хрупкого разрушения оборудования АЭС в различных режимах эксплуатации с постулируемой дефектностью //Надежность и безопасность энергетики. – 2021. – Т. 14. – №. 1. – С. 34-39.
15. Скворцова Н. К., Филимонова Л. А., Андропова К. А. Риск ориентированный подход для обеспечения промышленной безопасности на предприятиях топливно-энергетического комплекса // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2021. – № 1. – С. 65-74.

QUALIFICATION METHOD FOR QUALITY ASSESSMENT OF METALLURGICAL FACILITIES

© 2021 Yu.A. Izvekov, M.Yu. Narkevich

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

The article proposes a qualimetric method for assessing the quality of such hazardous production facilities of a metallurgical enterprise as special bridge metallurgical cranes. The supporting structure of the crane is investigated, structurally divided into four main groups of structures and fifteen elements, which carry all the information about the dominant properties of the operation of the crane. Two indicators of the quality of the crane structure were introduced: complex and integral. For a complex function, the probability density function of the reliability levels of structural elements in the form of a uniform law is taken. For integral - an indicator of the risk of an accident, since most of the cranes under consideration are operated outside the warranty period. The obtained quantitative data on the reliability levels that structural elements should have is valuable. The investigated qualimetric method will allow experts to make the right scientific and technical decisions and, ultimately, will bring a significant economic effect that can be comparable to the price of a new crane and its commissioning. Special cranes of the Magnitogorsk Metallurgical Combine were considered. The article continues to develop studies of qualimetric science for assessing the quality of products and various objects of a metallurgical enterprise of the scientific school of the Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov.

Keywords: Qualimetry, quality, structural risk analysis, special metallurgical crane, probability, dominant properties, compensating properties.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-2-42-45