



ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ИНТЕГРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА НА ПРИМЕРЕ СТАЛРАЗЛИВОЧНОГО КОВША, ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Наркевич М.Ю.¹, Логунова О.С.¹, Жижка В.Н.¹, Логунова Т.В.¹, Шайхулина Н.В.¹, Азаров А.П.²

¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия

² Жилищно-инвестиционный фонд «Ключ», Магнитогорск, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Metallurgical industry is one of the key sectors in the Russian Federation. More than 70% of metallurgical enterprises are grade-forming, their production is in high demand by the final consumer and for subsequent reprocessing at enterprises of machine building, metalworking and others. At the same time, on the territory of the Ural Federal District, more than 7.7 thousand large industrial enterprises, operating dangerous production objects (OPO). OPOs are an inseparable part of enterprises of the metallurgical industry, where various technical devices: machines, technological equipment and their systems, aggregates, apparatus, mechanisms [1-3, 5]. According to the innovations of 2023, during the expert assessment of the industrial safety of technical devices, buildings and structures, the use of information, obtained with the use of automated systems of collection and processing of information. The authors of the research have developed a three-level method of integrative quality assessment of OPO elements, described in detail in the works [4, 6]. In the article, the features of the application of the indicated method for a technical device – ladle, operating on the territory of the oxygen converter shop of PJSC «Magnitogorsk Metallurgical Combine». **Цель работы.** Оценка работоспособности трехуровневого метода интегративной оценки качества, включая процесс гармонизации базовых и цифровых значений экспертных оценок (показателей качества). **Используемые методы.** Разработанный авторами трехуровневый метод интегративной оценки качества элементов ОПО. **Новизна.** Предемонстрирован алгоритм реализации трехуровневого метода интегративной оценки качества, включая процесс гармонизации базовых и цифровых значений экспертных оценок (показателей качества). **Результат.** Доказана эффективность применения трехуровневого метода интегративной оценки качества для технических устройств, эксплуатируемых на опасных производственных объектах. **Практическая значимость.** Предложенный метод интегративной оценки качества элементов ОПО заложен в основу структуры организационно-методического обеспечения прикладной цифровой платформы для экспертизы элементов ОПО с использованием информации, полученной с применением автоматизированных систем сбора и обработки информации.

Ключевые слова: оценка качества, базовые показатели качества, цифровые показатели качества, гармонизация оценок качества, сталеразливочный ковш, инфраструктура металлургического предприятия

© Наркевич М.Ю., Логунова О.С., Жижка В.Н., Логунова Т.В., Шайхулина Н.В., Азаров А.П., 2024

Для цитирования

Практическая реализация метода интегративной оценки качества технического устройства на примере сталеразливочного ковша, эксплуатируемого на опасном производственном объекте металлургического предприятия / Наркевич М.Ю., Логунова О.С., Жижка В.Н., Логунова Т.В., Шайхулина Н.В., Азаров А.П. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. №2. С. 181-189. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-2-181-189>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE INTEGRATIVE ASSESSMENT METHOD FOR THE QUALITY OF TECHNICAL EQUIPMENT USING THE EXAMPLE OF A STEEL LADLE OPERATED AT A HAZARDOUS PRODUCTION FACILITY OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

Narkevich M.Yu.¹, Logunova O.S.¹, Zhizhka V.N.¹, Logunova T.V.¹, Shaikhulina N.V.¹, Azarov A.P.²

¹ Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

² Klyuch Housing and Investment Fund, Magnitogorsk, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). The metallurgical industry is one of the key industries in the Russian Federation. Over 70% of metallurgical enterprises are city-forming ones; their products are in demand by end consumers and for downstream processing at mechanical engineering, metalworking enterprises and others. At the same time, over 7700 industrial enterprises, operating hazardous production facilities (HPFs), are concentrated in the Ural Federal District. HPFs are an integral part of enterprises of the metallurgical industry, which use various technical facilities: machines, technological equipment and their systems, units, equipment, mechanisms [1-3, 5]. According to the innovations of 2023, when examining industrial safety of technical facilities, buildings and structures, it is allowed to use information obtained by automated systems for collecting and processing information. The authors of the studies developed a three-level integrative assessment method for the quality of elements of HPFs described in detail in [4, 6]. The article presents the features of the application of this method for the technical equipment, namely a steel ladle operated at the basic oxygen furnace shop of PJSC Magnitogorsk Iron and Steel Works. **Objectives.** The research is aimed at assessing the performance of a three-level integrative quality assessment method, including the process of harmonizing the basic and digital values of expert assessments (quality indicators). **Methods Applied.** The paper describes a three-level integrative assessment method for the quality of the HPF elements developed by the authors. **Originality.** The authors demonstrated an algorithm for implementing a three-level integrative quality assessment method, including the process of harmonizing the basic and digital values of expert assessments (quality indicators). **Result.** The research proved efficiency of using a three-level method of integrative quality assessment for technical equipment operated at hazardous production facilities. **Practical Relevance.** The proposed integrative assessment method for the quality of the HPF elements is the basis for the structure of the organizational and methodological support of an applied digital platform for examining the HPF elements using information obtained by automated systems for collecting and processing information.

Keywords: quality assessment, basic quality indicators, digital quality indicators, harmonization of quality assessments, steel ladle, metallurgical enterprise infrastructure

For citation

Narkevich M.Yu., Logunova O.S., Zhizhka V.N., Logunova T.V., Shaikhulina N.V., Azarov A.P. Practical Implementation of the Integrative Assessment Method for the Quality of Technical Equipment Using the Example of a Steel Ladle Operated at a Hazardous Production Facility of a Metallurgical Enterprise. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024, vol. 22, no. 2, pp. 181-189. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-2-181-189>

Введение

Вызовы металлургического производства. В Российской Федерации на конец 2020 года насчитывается более 325 тыс. промышленных предприятий и их количество продолжает ежегодно возрастать. При этом их доля в ВВП России составляет около 33% и занятость населения в этой области около 27%. Развитие современного промышленного предприятия сопровождается проектированием, строительством и эксплуатацией опасных производственных объектов (ОПО). Статистические показатели, приведенные [1], показывают, что промышленное производство в России в апреле 2023 года выросло на 5,1% за год, за 4 года промышленность выростала на 6,2%, преодолев

последствия кризиса COVID-19 и санкционного удара в 2022 году.

В Российской Федерации территориальное распределение предприятий, эксплуатирующих ОПО, является неравномерным. Это объясняется концентрацией крупных промышленных предприятий на территории Уральского федерального округа (**рис. 1**) [2].

На **рис. 1** введены обозначения: ЦФО – Центральный федеральный округ; СЗФО – Северо-Западный федеральный округ; ЮФО – Южный федеральный округ; ПФО – Приволжский федеральный округ; УФО – Уральский федеральный округ; СФО – Сибирский федеральный округ; ДФО – Дальневосточный федеральный округ; СКФО – Северо-Кавказский федеральный округ.

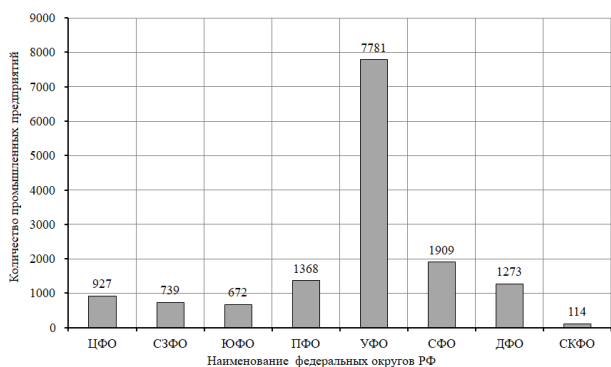


Рис. 1. Распределение предприятий, эксплуатирующих ОПО по территории Российской Федерации
 Fig. 1. Distribution of enterprises, operating HPFs in the Russian Federation

Количество ОПО, зафиксированных в Российской Федерации в 2016 и 2023 годах, составляют наибольший риск возникновения аварий и инцидентов. По официальным данным Ростехнадзора за 2020 год [3] в государственном реестре на 01.01.2020 г. зарегистрировано 178846 ОПО. В составе предприятий металлургической отрасли представлены ОПО всех четырех классов опасности, способные в случае аварии вызвать нарушение или остановку технологического процесса, разрушение технических устройств, зданий и сооружений, причинить ущерб жизни и здоровью граждан, оказать негативное воздействие на окружающую среду.

Широкая распространенность ОПО в промышленности, включая металлургическую область, потребовала рассмотреть вопросы обеспечения качества экспертной оценки соответствия технического состояния инфраструктурного объекта заданному состоянию.

Инфраструктурное обеспечение металлургических процессов. Функционирование основных производственных процессов невозможно без инфраструктурного обеспечения. Одним из составляющих компонентов инфраструктуры являются ОПО и их элементы.

Схематично описание процессов мониторинга и оценки соответствия элементов ОПО представлено на рис. 2.

Вызовы к цифровой оценке качества элементов ОПО. Оценка качества элементов ОПО зависит от интерпретации человеком-экспертом информации, полученной в ходе проведения экспертизы. Определяются каждые отдельные несоответствия обязательным требованиям стандартов (дефекты и повреждения), по которым производится сравнение с нормативными значениями подобных показателей. Оценка допустимости дефектов и их влияния на объект экспертизы производится *по барьерным значениям показателей*. При этом не разработан универсальный метод, позволяющий дать *непрерывную интегративную оценку качества* элемента ОПО [4]. Согласно нововведениям 2023 года, в нормативных документах допускается использование информации, полученной при эксплуатации автоматизированных систем сбора и обработки информации. Поэтому авторами исследований [5] разработан трехуровневый метод для гармонизации базовых и цифровых экспертных оценок, который подробно изложен в [6]. Применение указанного метода для каждого вида элементов ОПО (задания, сооружения и технические устройства) имеют свои особенности. Особенности применения этого метода для зданий, эксплуатирующихся в условиях металлургического предприятия, изложены в [7].



Рис. 2. Схема процессов мониторинга и оценки соответствия технического состояния элементов ОПО
 Fig. 2. Diagram of the processes of the monitoring and compliance assessment of the technical condition of the HPF elements

Авторами работы введены понятия:

– базовые показатели качества – это показатели, предусмотренные действующей нормативной и технической документацией и полученные традиционными методами: значения отклонений геометрических размеров элементов, прочностных и деформационных характеристик материалов, прогибов и перемещений конструкций, все виды разрушения материалов конструкций;

– цифровые показатели качества – показатели, определяемые и оцениваемые с использованием прикладной цифровой платформы: наличие или отсутствие определенных элементов на цифровом изображении, абсолютные и относительные значения размеров обнаруженных дефектов и повреждений, их прирост, динамика изменения.

Некоторые из указанных показателей качества и разработанный метод интегративной оценки опробованы в процессе оценки качества и гармонизации значений экспертных оценок технического состояния технического устройства – ковша сталеплавильного. Результаты опробования приведены в тексте статьи.

Материалы и методы исследования

Постановка задачи исследования. Объектом экспертной оценки является техническое устройство – ковш сталеразливочный, эксплуатируемый в составе ОПО «Участок электросталеплавильный (ОПП)» (II класс опасности), расположенный на территории кислородно-конвертерного цеха ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Ковш сталеразливочный предназначен для приема, транспортирования и разливки жидкой стали и является элементом опасного производственного объекта II класса опасности. II класс опасности присваивается ОПО высокой опасности, на которых используется оборудование, рассчитанное на максимальное количество расплава 10 т и более.

Общий вид ковша сталеразливочного представлен на **рис. 3**.



Рис. 3. Общий вид ковша сталеразливочного
Fig. 3. General view of the steel ladle

Технические характеристики ковша сталеразливочного приведены в **табл. 1**.

Таблица 1. Технические характеристики ковша сталеразливочного

Table 1. Technical characteristics of the steel ladle

Наименование параметра	Значение
Год изготовления	1988
Год ввода в эксплуатацию	1988
Тип	НС-385
Стационарный номер	12
Масса стали, т	4,67
Масса футеровки, т	59
Масса металлической части ковша, т	48,3
Общая масса нормально груженого ковша, т	495,9
Расстояние по осям крюков, мм	5500
Диаметр цапф под крюк, мм	500
Длина цапфы для захвата крюками, мм	280
Запас прочности цапф при 10% износе	8,5

Требуется установить соответствие состояния технического устройства – ковша сталеразливочного, эксплуатируемого в составе ОПО «Участок электросталеплавильный (ОПП)» (II класс опасности), расположенного на территории кислородно-конвертерного цеха ПАО «ММК», требованиям нормативных правовых актов и стандартов Российской Федерации на основе экспертной оценки.

Определение лингвистической переменной, ее терм и показателей качества технического устройства. Согласно техническому заданию на проведение экспертизы элемента ОПО, определены основные нормативные документы, содержащие требования и показатели для экспертной оценки качества технического устройства:

– Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ;

– Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности процессов получения или применения металлов» (Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 09.12.2020 г. № 512);

– Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (Приказ Ростехнадзора от 20.10.2020 г. № 420);

– Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах» (Приказ Ростехнадзора от 01.12.2020 г. № 478);

– ГОСТ Р 27.102-2021 «Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения».

Согласно идентифицированным документам и алгоритму, приведенному в [6, 7], определяем структуру лингвистической переменной:

– лингвистическая переменная U_0 – состояние технического устройства ковша сталеразливочного, эксплуатируемого на территории кислородно-конвертерного цеха ПАО «ММК»;

– лингвистическая переменная 1-го уровня – решение, полученное на основе базовых X_B и перспективных X_P показателей качества.

В результате проведения экспертизы по оценке состояния технического устройства экспертом выбраны основные показатели качества в соответствии с обнаруженными дефектами и повреждениями:

– множество базовых показателей, полученных органолептическим методом:

$$X_B = \{X_{B1}, X_{B2}, X_{B3}\},$$

где X_{B1} – значение величины износа цапфы ковша, в процентах от первоначальных размеров; X_{B2} – значение величины коррозионного износа обечаяк и днища ковша, %; X_{B3} – ширина раскрытия трещин основного металла ребра жесткости и корпуса ковша, мм;

– множество перспективных показателей качества, полученных с использованием новых цифровых средств:

$$X_P = \{X_{P1}, X_{P2}\},$$

где X_{P1} – наличие или отсутствие раковин, трещин в стенках и в местах крепления цапф на цифровом

изображении ковша; X_{P2} – ширина раскрытия трещин основного металла ребра жесткости и корпуса ковша, мм.

Решения, принимаемые в системе оценки качества, обозначим: Y_1 – решения, принятые на основе базовых показателей; Y_2 – решения, принятые на основе перспективных показателей. Множество возможных решений образуют термы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{"Исправное", "Работоспособное",} \\ \text{"Неработоспособное", "Предельное", "Опасное"} \end{array} \right\}.$$

Также для идентифицированных документов экспертно назначены ранги предпочтения для каждой термы лингвистических переменных Y_1 и Y_2 (табл. 2).

За каждой термой лингвистической переменной Y_1 и Y_2 определяем состояние и перечень мероприятий для проведения на элементах ОПО согласно ГОСТ Р 27.102-2021 «Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения» (табл. 3).

Таблица 2. Ранги предпочтения для каждой термы лингвистических переменных первого уровня

Table 2. Preference ranks for every term of linguistic variables of the first level

Статус	Ранг α
Исправное	5
Работоспособное	4
Неработоспособное	3
Предельное	2
Опасное	1

Таблица 3. Описание терм по ГОСТ Р 27.102-2021 и мероприятий для проведения на элементах ОПО
Table 3. Description of terms according to GOST R 27.102-2021 and measures to be carried out with the HPF elements

№ п/п	Состояние	Описание	Мероприятия
1	Исправное состояние	Состояние объекта, в котором все параметры объекта соответствуют всем требованиям, установленным в документации на этот объект	Не требуются
2	Работоспособное состояние	Состояние объекта, в котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной и технической документации	Не требуются
3	Неработоспособное состояние	Состояние объекта, в котором значение хотя бы одного из параметров, характеризующих способность объекта выполнять заданные функции, не соответствует требованиям документации на этот объект	Ограничение эксплуатационных параметров. Мониторинг технического состояния либо проведение необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций с последующим мониторингом технического состояния (при необходимости)
4	Предельное состояние	Состояние объекта, в котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно	Вывод из эксплуатации. Проведение страховочных и противоаварийных мероприятий (при необходимости)
5	Опасное состояние	Состояние объекта, которому соответствует высокая вероятность или высокая значимость неблагоприятных последствий для людей, окружающей среды и материальных ценностей	Вывод из эксплуатации. Проведение страховочных и противоаварийных мероприятий

Выбор решения эксперта о проведении необходимого комплекса мероприятий для элементов ОПО. Для каждого показателя качества с использованием экспертных оценок определены ключевые точки изменения состояния объекта согласно положениям ГОСТ Р 27.102-2021 «Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения».

Для лингвистической переменной Y_1 :

$$\mu_{X_{B1}} = \left\{ \frac{1,00}{0,00}; \frac{0,08}{3,00}; \frac{0,50}{5,50}; \frac{0,15}{8,00}; \frac{0,00}{10,00} \right\},$$

$$\mu_{X_{B2}} = \left\{ \frac{1,00}{0,00}; \frac{0,80}{1,50}; \frac{0,50}{3,00}; \frac{0,15}{4,00}; \frac{0,00}{5,00} \right\},$$

$$\mu_{X_{B3}} = \left\{ \frac{1,00}{0,00}; \frac{0,80}{4,00}; \frac{0,60}{6,00}; \frac{0,30}{8,00}; \frac{0,00}{10,00} \right\}.$$

Для лингвистической переменной Y_2 :

$$\mu_{X_{P1}} = \left\{ \frac{1,00}{0,00}; \frac{0,00}{0,00}; \frac{0,00}{1,20} \right\},$$

$$\mu_{X_{P2}} = \left\{ \frac{1,00}{0,00}; \frac{0,80}{4,00}; \frac{0,60}{6,00}; \frac{0,30}{8,00}; \frac{0,00}{10,00} \right\}.$$

Учитывая, что значения интегративных оценок лежат на непрерывных кривых, выполнена аппроксимация функций принадлежности лингвистической переменной Y_1 (рис. 4) и лингвистической переменной Y_2 (рис. 5).

В табл. 4 и 5 приведены примеры принятия решений о статусе технического состояния сталеплавильного ковша согласно введенным функциям принадлежности для компонент Y_1 и Y_2 .

Полученные параметры по базовым показателям качества сведены в табл. 6, по цифровым – в табл. 7.

Таблица 4. Определение статуса для компоненты Y_1
Table 4. Status determination for component Y_1

Наименование показателя	Значение показателя	Значение оценки	Диапазон оценки	Решение о статусе	Описание статуса
X_{B1}	4,0	0,69	[0,50-0,80)	4	Работоспособное
X_{B2}	1,5	0,82	[0,80-1,00)	5	Исправное
X_{B3}	3,0	0,89	[0,80-1,00)	5	Исправное

Таблица 5. Определение статуса для компоненты Y_2
Table 5. Status determination for component Y_2

Наименование показателя	Значение показателя	Значение оценки	Диапазон оценки	Решение о статусе	Описание статуса
X_{P1}	0,00	1,00	>0,00	5	Исправное
X_{P2}	8,00	0,31	(0,30-0,60]	3	Неработоспособное

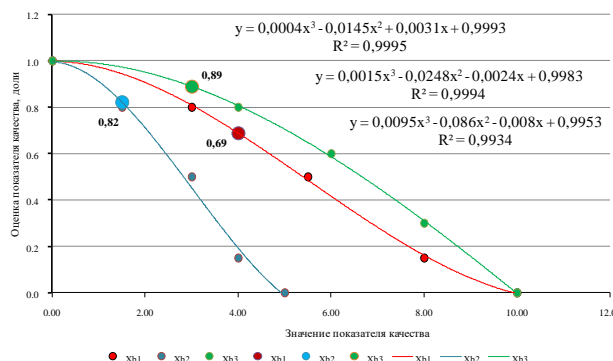


Рис. 4. Аппроксимация функций принадлежности по базовым показателям качества X_{B1}, X_{B2}, X_{B3}

Fig. 4. Approximation of membership functions by basic quality indicators X_{B1}, X_{B2}, X_{B3}

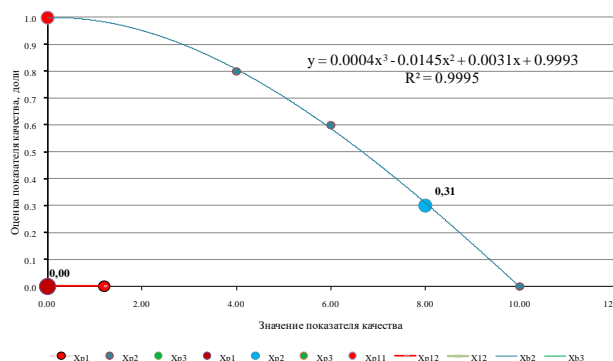


Рис. 5. Аппроксимация функций принадлежности по перспективным показателям качества X_{P1}, X_{P2}

Fig. 5. Approximation of membership functions by promising quality indicators X_{P1}, X_{P2}

Таблица 6. Определенные параметры по базовым показателям качества
Table 6. Determined parameters for the basic quality indicators

Наименование показателя	Значение показателя	Значение оценки	Решение о статусе	Решение о ранге	Общее решение
X_{B1}	4,0	0,69	4	4	4
X_{B2}	1,5	0,82	5	5	
X_{B3}	3,0	0,89	5	5	

Таблица 7. Определенные параметры по перспективным показателям качества
Table 7. Determined parameters for the promising quality indicators

Наименование показателя	Значение показателя	Значение оценки	Решение о статусе	Решение о ранге	Общее решение
X_{D1}	0,00	1,00	5	5	4
X_{D2}	4,50	0,76	4	4	

Использование принципа суперпозиции для гармонизации решения показателей. Используем принцип суперпозиции [6, 7], построенный согласно предпочтению рангов каждой из компонент Y_1 и Y_2 :

$$h(Y_2(Y_1)) = \begin{cases} Y_1, & \text{при } Y_1 = Y_2; \\ Y_2, & \text{при } Y_1 - Y_2 = 1; \\ Y_1, & \text{при } Y_1 - Y_2 = -1; \\ \frac{Y_1 + Y_2}{2}, & \text{при } |Y_1 - Y_2| = 2; \\ \emptyset, & \text{при } |Y_1 - Y_2| \geq 3, \end{cases} \quad (1)$$

где $h(Y_2(Y_1))$ – итоговый ранг.

С учетом равенства рангов результирующих терм Y_1 и Y_2 итоговый статус принятия решений остается неизменным и равным 4.

Формулируем вывод о значении лингвистической переменной с указанием степени принадлежности каждого показателя к статусу опасности (табл. 8).

Итоговый вывод о соответствии (не в полной мере соответствие, несоответствие) элемента ОПО требованиям нормативных правовых актов и стандартов Российской Федерации исходит из соотнесения принятого решения по возможности эксплуатации. Соотношение статуса с решением о возможности эксплуатации элемента ОПО (объекта экспертной оценки) исходя из требований нормативных правовых актов и стандартов Российской Федерации представлено в табл. 9.

Таблица 8. Степень принадлежности показателей качества к статусу опасности
Table 8. The membership degree of the quality indicators to the hazard status

Наименование показателя	Значение показателя	Значение оценки	Решение о статусе	Решение о ранге	Описание статуса
X_{B1}	4,0	0,69	4	4	Работоспособное
X_{B2}	1,5	0,82	5	5	Исправное
X_{B3}	3,0	0,89	5	5	Исправное
X_{D1}	0,00	1,00	5	5	Исправное
X_{D2}	4,50	0,76	4	4	Работоспособное

Таблица 9. Соотношение статуса с решением о возможности эксплуатации элемента ОПО
Table 9. Correlation of the status with the decision on the possibility of operating the HPF element

Описание статуса	Ранг	Решение
Исправное состояние	5	Соответствует
Работоспособное состояние	4	
Ограниченно работоспособное состояние	3	Не в полной мере соответствует
Недопустимое состояние	2	Не соответствует
Аварийное состояние	1	

На основе реализации метода интегративной оценки качества функционирования элементов ОПО – ковш сталеразливочный, эксплуатируемый в составе ОПО «Участок электросталеплавильный (ОПП)» (II класс опасности), расположенный на территории кислородно-конвертерного цеха ПАО «ММК», сделан вывод о соответствии рассматриваемого объекта требованиям нормативных правовых актов и стандартов Российской Федерации.

С учетом соответствия технического устройства – ковш сталеразливочный, эксплуатируемый в составе ОПО «Участок электросталеплавильный (ОПП)» (II класс опасности), расположенного на территории кислородно-конвертерного цеха ПАО «ММК», предъявляемым требованиям, управляющего воздействия, направленного на изменение показателей качества его технического состояния, не требуется.

Заключение

1. Определены вызовы, которые потребовали разработки метода, включающего гармонизацию базовых и цифровых показателей для построения интегративной оценки качества элементов ОПО [1-3].

2. Продемонстрирована возможность применения трехуровневого метода интегративной оценки качества функционирования технического устройства – ковш сталеразливочный, эксплуатируемый в составе ОПО «Участок электросталеплавильный (ОПП)» (II класс опасности), расположенный на территории кислородно-конвертерного цеха ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

3. Оценка технического состояния сталеразливочного ковша по базовым и цифровым показателям показала непротиворечивые результаты [6, 7].

4. Применение метода интегративной оценки качества, в том числе процесса гармонизации значений оценок технического состояния сталеразливочного ковша, определило возможность его использования при построении новых алгоритмов и правил принятия решений по экспертной информации, а также при проектировании новых систем и устройств для элементов ОПО.

5. Доказана универсальность метода гармонизации и возможность его развития для любого количества показателей качества [8-10].

Список источников

1. Промышленное производство в России. 2023: сб. ст. / Росстат. М.: Росстат, 2023. 305 с.
2. Годовые отчеты. О деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Сайт]. Режим доступа: URL: https://www.gos-nadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 07.02.2022).
3. Годовой отчет. О деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2020 году / Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности».

М.: НТЦ ЯРБ, 2021. 369 с.

4. Анализ эффективности существующей системы оценки качества материалов, изделий и конструкций на опасных производственных объектах / Наркевич М.Ю., Корниенко В.Д., Логунова О.С. и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. Т. 19. №2. С. 103-111.
5. Наркевич М.Ю. Развитие методологии создания системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, на основе прикладной цифровой платформы: дис. ... д-ра техн. наук / Наркевич Михаил Юрьевич. Магнитогорск, 2023. 332 с.
6. Наркевич М.Ю., Логунова О.С. Гармонизация базовых и цифровых показателей принадлежности опасных производственных объектов заданному техническому состоянию // Вестник Череповецкого государственного университета. 2023. №3(114). С. 31-46.
7. Наркевич М.Ю., Логунова О.С. Результаты применения метода гармонизации экспертных оценок на примере управления качеством функционирования промышленного здания // Вестник Череповецкого государственного университета. 2023. №5(116). С. 52-66.
8. Абызгильдина С.Ш. База знаний экспертной системы в области промышленной безопасности: специальность 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)»: дис. ... канд. техн. наук / Абызгильдина Сакина Шагадатовна. Уфа, 2006. 193 с.
9. Абызов В.Г., Новиков И.С. Управление оборудованием для мониторинга и измерений в системе менеджмента качества организации // Мир измерений. 2014. №8. С. 31-34.
10. Азаров В.Н. Управление качеством: в 2 т. Т. 1. Основы обеспечения качества. М.: МГИЭМ, 1999. 326 с.

References

1. *Promyshlennoe proizvodstvo v Rossii. 2023: sb.st. Rosstat* [Industrial production in Russia. 2023: collection of papers. Federal State Statistics Service]. Moscow: Rosstat, 2023, 305 p. (In Russ.)
2. Annual reports on operations of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Power Supervision. Available at: https://www.gos-nadzor.ru/public/annual_reports/ (Accessed on February 07, 2022).
3. *Godovoy otchet. O deyatelnosti Federalnoy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2020 godu / Federalnoe byudzhethnoe uchrezhdenie «Nauchno-tekhnicheskiiy tsentr po yadernoy i radiatsionnoy bezopasnosti»* [Annual report on operations of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Power Supervision in 2020. Federal Budgetary Institution Research and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety]. Moscow: Research and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety, 2021, 369 p. (In Russ.)

4. Narkevich M.Yu., Kornienko V.D., Logunova O.S. et al. Analysis of efficiency of the existing quality assessment system for materials, products, and structures at hazardous production facilities. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2021;19(2):103-111. (In Russ.)
5. Narkevich M.Yu. *Razvitie metodologii sozdaniya sistemy menedzhmenta kachestva metallurgicheskogo predpriyatiya, ekspluatiruyushchego opasnye proizvodstvennyye obekty, na osnove prikladnoy tsifrovoy platformy: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Development of the methodology for developing the quality management system of the metallurgical works, operating hazardous production facilities, based on the applied digital platform. Doctoral thesis]. Magnitogorsk, 2023, 332 p.
6. Narkevich M.Yu., Logunova O.S. Harmonizing basic and digital indicators of membership of hazardous production facilities to the set technical state. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Cherepovets State University]. 2023;(3(114)):31-46. (In Russ.)
7. Narkevich M.Yu., Logunova O.S. Results of applying the method of harmonizing expert assessments using the example of managing the quality of functioning of an industrial building. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Cherepovets State University]. 2023;(5(116)):52-66. (In Russ.)
8. Abyzgildina S.Sh. *Baza znaniy ekspertnoy sistemy v oblasti promyshlennoy bezopasnosti: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Base of knowledge of the expert system in the field of industrial safety: PhD thesis]. Ufa, 2006, 193 p.
9. Abyzov V.G., Novikov I.S. Monitoring and measuring equipment control in the quality management system of the organization. *Mir izmerenii* [World of Measurement]. 2014;(8):31-34. (In Russ.)
10. Azarov V.N. *Upravlenie kachestvom: v 2 t. T. 1. Osnovy obespecheniya kachestva* [Quality management: in 2 volumes. Vol. 1. Basics of quality assurance]. Moscow: Moscow State Institute of Electronics and Mathematics, 1999, 326 p. (In Russ.)

Поступила 19.02.2024; принята к публикации 30.02.2024; опубликована 27.06.2024
Submitted 19/02/2024; revised 30/02/2024; published 27/06/2024

Наркевич Михаил Юрьевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой проектирования и строительства зданий, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия. Email: narkevich_mu@mail.ru. ORCID 0000-0001-6608-8293

Логунова Оксана Сергеевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой вычислительной техники и программирования, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия. Email: logunova66@mail.ru. ORCID 0000-0002-7006-8639

Жижка Владимир Николаевич – проректор по развитию инфраструктуры, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия. Email: v.zhizhka@magtu.ru.

Логунова Татьяна Валерьевна – заведующий лабораторией кафедры вычислительной техники и программирования, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия. Email: t-logunova@mail.ru. ORCID 0000-0002-9925-3109

Шайхулина Наталья Вячеславовна – магистрант, кафедра проектирования и строительства зданий, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия. Email: natashavertoprahova@gmail.com.

Азаров Александр Петрович – директор жилищно-инвестиционного фонда «Ключ», Магнитогорск, Россия. Email: 79048170011@yandex.ru.

Mikhail Yu. Narkevich – DrSc (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Building Design and Construction, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. Email: narkevich_mu@mail.ru. ORCID 0000-0001-6608-8293

Oksana S. Logunova – DrSc (Eng.), Professor, Head of the Department of Computer Engineering and Programming, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. Email: logunova66@mail.ru. ORCID 0000-0002-7006-8639

Vladimir N. Zhizhka – Vice Rector for Infrastructure Development, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. Email: v.zhizhka@magtu.ru.

Tatyana V. Logunova – Head of the Laboratory of the Department of Computer Science and Programming, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. Email: t-logunova@mail.ru. ORCID 0000-0002-9925-3109

Natalia V. Shaikhulina – Master's student, Department of Building Design and Construction, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. Email: natashavertoprahova@gmail.com.

Aleksandr P. Azarov – Director of Klyuch Housing and Investment Fund, Magnitogorsk, Russia. Email: 79048170011@yandex.ru.