

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 658.562

DOI: 10.18503/1995-2732-2021-19-4-91-97



МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ S-ОБРАЗНЫХ КРИВЫХ

Наркевич М.Ю.

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

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). В условиях рыночной экономики промышленные предприятия с находящимися на них опасными производственными объектами часто являются объектами купли-продажи. При слиянии предприятий, смене собственника и т.п. проводится технический аудит предприятия, по результатам которого устанавливается его качественная оценка соответствия контролируемым параметрам. С целью получения количественной оценки промышленного предприятия (опасного производственного объекта), для принятия в дальнейшем обоснованного решения о сделке, необходима разработка метода комплексной оценки качества опасных производственных объектов. **Используемые методы.** При разработке метода комплексной количественной оценки качества опасных производственных объектов применялся теоретический метод исследования, включая методы регрессионного анализа в сочетании с методом наименьших квадратов. **Новизна.** Предложен метод комплексной количественной оценки качества материалов, изделий, конструкций зданий и сооружений, технических устройств, предприятий, на которых имеются опасные производственные объекты с использованием S-образных кривых. В основу предложенного метода положена кусочно-нелинейная зависимость в виде полинома нечетной степени, позволяющая количественно описывать процессы, происходящие под влиянием факторов с постоянным ускорением или замедлением. **Результат.** В рамках проведенного исследования получены основные математические зависимости метода комплексной количественной оценки качества материалов, изделий, конструкций зданий и сооружений, технических устройств, предприятий, на которых имеются опасные производственные объекты с использованием S-образных кривых. **Практическая значимость.** Реализация предложенного метода позволит получить количественную комплексную оценку качества материалов, изделий, конструкций зданий и сооружений, технических устройств, предприятий, на которых имеются опасные производственные объекты с использованием S-образных кривых, а его автоматизация позволит сократить время, необходимое для получения результатов и принятия более обоснованных управленческих решений.

Ключевые слова: количественная оценка качества продукции, квалиметрия, S-образная кривая, единичный показатель качества продукции, управление качеством продукции, технический аудит промышленного предприятия, опасный производственный объект.

© Наркевич М.Ю., 2021

Для цитирования

Наркевич М.Ю. Метод комплексной количественной оценки качества опасных производственных объектов с использованием S-образных кривых // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. Т.19. №4. С. 91–97. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2021-19-4-91-97>



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

METHOD OF A COMPREHENSIVE QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES USING S-SHAPED CURVES

Narkevich M.Yu.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). In a market economy, industrial enterprises with hazardous production facilities are often items of purchase and sale. In case of merger of enterprises, change of ownership and so on, a technical audit of the enterprise is carried out to determine its qualitative assessment of compliance with controlled parameters. In order to get a quantitative assessment of an industrial enterprise (hazardous production facility), in order to make an informed decision on the transaction in the future, it is necessary to develop a method for a comprehensive assessment of the quality of hazardous production facilities. **Methods used.** When developing a method for a comprehensive quantitative assessment of the quality of hazardous production facilities, a theoretical research method was used, including regression analysis methods combined with the least squares method. **Novelty.** The paper describes a proposed method of a comprehensive quantitative assessment of the quality of materials, products, structures of buildings and plants, technical devices, enterprises with hazardous production facilities, using S-shaped curves. The proposed method is based on a piecewise nonlinear dependence as an odd-degree polynomial, which allows us to quantitatively describe the processes occurring under the influence of factors with constant acceleration or deceleration. **Result.** The conducted research produced the main mathematical dependences of the comprehensive quantitative assessment method for the quality of materials, products, structures of buildings and plants, technical devices, enterprises with hazardous production facilities, using S-shaped curves. **Practical Relevance.** The proposed method will contribute to making a quantitative comprehensive assessment of the quality of materials, products, structures of buildings and plants, technical devices, enterprises with hazardous production facilities, using S-shaped curves, and its automation will reduce the time required to get results and make more informed management decisions.

Keywords: quantitative assessment of product quality, qualimetry, S-shaped curve, single indicator of product quality, product quality management, technical audit of an industrial enterprise, hazardous production facility.

For citation

Narkevich M.Yu. Method of a Comprehensive Quantitative Assessment of the Quality of Hazardous Production Facilities Using S-Shaped Curves. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2021, vol. 19, no. 4, pp. 91–97. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2021-19-4-91-97>

Введение

Вопросы технического аудита крупных промышленных предприятий РФ являются необходимым условием как при смене собственников, так и при привлечении заемных средств для реконструкции, технического перевооружения и модернизации производства. При этом на территории промышленных предприятий находятся опасные производственные объекты: здания, сооружения и технические устройства. В соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» опасные производственные объекты – объекты повышенного риска, на которых возможно возникновение аварий и инцидентов, сопровождающихся разрушением зда-

ний, сооружений и (или) технических устройств, неконтролируемых: взрыве, выбросе опасных веществ, отказе или повреждении технических устройств, отклонении от установленного режима технологического процесса [1, 2].

В рамках технического аудита кредитор, настоящему или будущему собственнику необходимо обладать комплексными данными на текущий момент и на отдаленную перспективу: значение показателей производственной деятельности предприятия (производственная мощность предприятия, номенклатура и ассортимент выпускаемой продукции и др.), основных экономических показателей (выручка, капитальные расходы, операционные расходы, валовая прибыль, чистая прибыль, рентабельность и др.), состояние системы промышленной безопасности

и охраны труда, оценка воздействия производственного процесса на окружающую среду и др. К проведению аудита промышленного предприятия привлекаются соответствующие эксперты, обладающие специальными знаниями в конкретной области: технолог, экономист, механик, строитель, эколог, юрист, специалист по промышленной и иным видам безопасности и др. Каждый из них формирует заключение в рамках своего блока и дает ему качественную оценку. При этом эксперты не дают количественную оценку как единичного показателя качества (продукции, процесса или системы), так и комплексного показателя по каждому блоку в отдельности предприятия в целом.

В соответствии со статьей 132 ГК РФ. [3], предприятие – это имущественный комплекс, используемый для осуществления предпринимательской деятельности. Промышленное предприятие как имущественный комплекс признается недвижимостью. Предприятие в целом или его часть могут быть объектом купли-продажи, залога, аренды и других сделок, связанных с установлением, изменением и прекращением вещных прав. Таким образом, при определенных условиях промышленное предприятие, как и продукция, является объектом оценки качества.

Следует отметить, что межгосударственный стандарт ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» [4] не содержит понятие «продукция» и его определение. Вместе с тем термин «продукция» имеет достаточно обширное определение [5].

Действующие стандарты в области управления качеством не содержат указаний по комплексной оценке качества промышленного предприятия как целостной системы, состоящей из нескольких подсистем. В этом прослеживаются элементы системного подхода: промышленное предприятие представляется как система, состоящая из совокупности элементов, действующих вместе как целое и выполняющих этим определенную функцию.

Строго говоря, отсутствуют (не разработаны) показатели качества, в целом количественно определяющие значение комплексного показателя качества промышленного предприятия с опасными производственными объектами, а

также основные функциональные зависимости, применимые для комплексной оценки качества.

Полученные результаты и их обсуждение

Для разработки математической модели комплексной оценки качества промышленного предприятия с опасными производственными объектами используем классический аппарат квалиметрической оценки [6], основанный на использовании S -образных кривых. По сути, установление формы зависимости между переменными является задачей регрессионного анализа.

При комплексной оценке качества разнородной продукции промышленных предприятий, на которых имеются опасные производственные объекты, методом квалиметрии, применяются различные эмпирические и аналитические зависимости, характеризующие значение комплексной оценки при различных значениях выбранных параметров качества. Некоторые из них использованы в работах по оценке качества строительной продукции, продукции прокатного производства, метизной промышленности и др. [7–14].

Исходными данными при этом являются набор значений показателей качества p_1, p_2, \dots, p_n и соответствующая им комплексная оценка M .

Исходя из анализа применения различных математических моделей, установлено, что наиболее подходящим вариантом является S -образная кусочно-нелинейная зависимость, описываемая полиномом m -й степени от k факторов нечетной степени вида [15]:

$$M(p_1, p_2, \dots, p_n) = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i p_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} p_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ij} p_i p_j + \dots, \quad (1)$$

где $M(p_1, p_2, \dots, p_n)$ – значение комплексной оценки качества; p_i – значение i -го показателя качества; b_0, b_1, \dots, b_i – эмпирические коэффициенты; n – количество показателей качества.

Схематичное изображение убывающей и возрастающей S -образной кусочно-нелинейной зависимости единичной оценки качества от значения выбранного единичного показателя p_i показано на рис. 1, а и б соответственно.

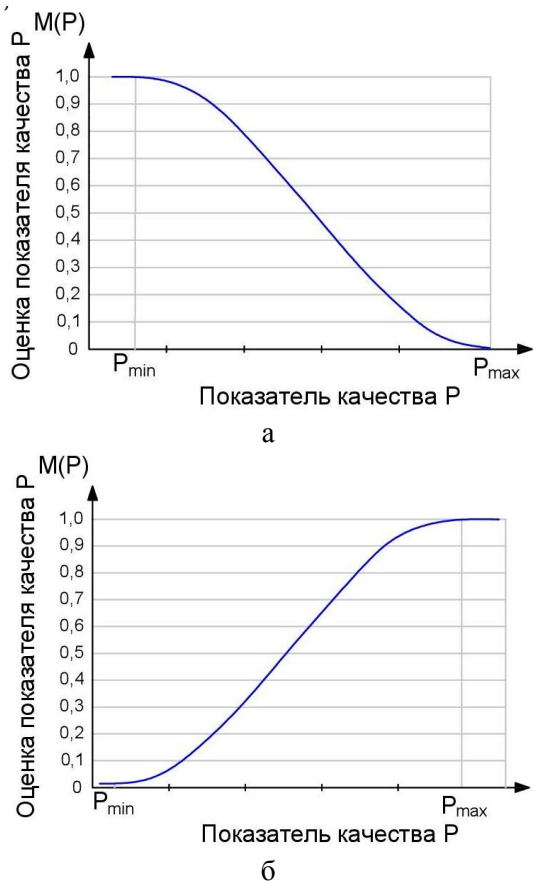


Рис. 1. Графическая интерпретация убывающей (а) и возрастающей (б) S-образной кусочно-нелинейной зависимости единичной оценки качества M от значения выбранного единичного показателя качества продукции p
 Fig. 1. Graphical interpretation of decreasing (a) and increasing (б) S-shaped piecewise nonlinear dependence between single assessment of quality M and selected single indicator of product quality p

Используя основную идею и математический аппарат метода наименьших квадратов (МНК) – сумма квадратов отклонений между исходными значениями функции отклика и значений, рассчитанных по полученному уравнению регрессии, стремится к минимуму – имеем

$$S = \sum_{i=1}^n \left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - M(p_1, p_2, \dots, p_n) \right)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где S – сумма квадратов отклонений между исходными значениями функции отклика и значений, рассчитанных по полученному уравнению регрессии; $M(p_1, p_2, \dots, p_n)$ – исходное значение комплексной оценки качества; $M(p_1, p_2, \dots, p_n)$ – теоретическое (рассчитанные по уравнению регрессии) значение комплексной оценки качества; n – количество единичных показателей качества p_i .

Уравнение (2) после подстановки в него уравнения (1) приобретает вид

$$\sum_{i=1}^n \left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{iil} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ij} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right)^2 \rightarrow \min. \quad (3)$$

Для определения минимума функции многих переменных определяем частные производные функционала (3) по неизвестным коэффициентам $b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij}, \dots$:

$$\frac{dS}{db_0} = -2 \sum_{i=1}^n \left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{iil} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ij} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right); \quad (4)$$

$$\frac{dS}{db_{il}} = -2 \sum_{i=1}^n \left[\left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{iil} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ij} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right) \left(\sum_{l=1}^k p_{il} \right) \right]; \quad (5)$$

$$\frac{dS}{db_{iil}} = -2 \sum_{i=1}^n \left[\left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{iil} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ij} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right) \left(\sum_{l=1}^k p_{il}^2 \right) \right]; \quad (6)$$

$$\frac{dS}{db_{ij}} = -2 \sum_{i=1}^n \left[\left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{iil} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ij} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right) \left(\sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right]. \quad (7)$$

Приравняв частные производные $\frac{dS}{db_0}, \frac{dS}{db_{il}}, \frac{dS}{db_{iil}}, \frac{dS}{db_{ij}}, \dots$ к нулю, выполнив ряд алгебраических преобразований, решаем систему нормальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right) = 0, \\ \sum_{i=1}^n \left[\left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right) \left(\sum_{l=1}^k p_{il} \right) \right] = 0, \\ \sum_{i=1}^n \left[\left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right) \left(\sum_{l=1}^k p_{il}^2 \right) \right] = 0, \\ \sum_{i=1}^n \left[\left(M(p_1, p_2, \dots, p_n) - \left(b_0 + \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^2 + \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right) \left(\sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} + \dots \right) \right] = 0, \\ \dots \dots \dots = 0. \end{array} \right. \quad (8)$$

После дальнейших преобразований получим

$$\left\{ \begin{array}{l} nb_0 + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il} p_{jl} + \dots = \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n), \\ b_0 + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il}^2 p_{jl} + \dots = \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n) \sum_{l=1}^k p_{il}, \\ b_0 + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^3 + \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il}^3 p_{jl} + \dots = \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n) \sum_{l=1}^k p_{il}^2, \\ b_0 + \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{il} p_{il} \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{ill} p_{il}^2 \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} + \\ + \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} b_{ijl} p_{il} p_{jl} \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} + \dots = \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n) \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl}, \\ \dots \dots \dots \end{array} \right. \quad (9)$$

Для решения данного уравнения воспользуемся приемами матричной алгебры, приведенными, например, в [16].

Запишем уравнение (9) в матричном виде: $M = PB$, (10)

$$M = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n) \sum_{l=1}^k p_{il} \\ \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n) \sum_{l=1}^k p_{il}^2 \\ \sum_{i=1}^n M(p_1, p_2, \dots, p_n) \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} \\ \dots \end{array} \right\}, \quad (11)$$

$$P = \left\{ \begin{array}{cccc} n & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il} & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il}^2 & \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} & \dots \\ \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il} & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il}^2 & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il}^3 & \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} p_{il}^2 p_{jl} & \dots \\ \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il}^2 & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il}^3 & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k p_{il}^4 & \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} p_{il}^3 p_{jl} & \dots \\ \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} p_{il} p_{jl} & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k \sum_{l \neq j} p_{il}^2 p_{jl} & \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k \sum_{l \neq j} p_{il}^3 p_{jl} & \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j} \sum_{l \neq j} p_{il}^2 p_{jl}^2 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{array} \right\}, \quad (12)$$

$$B = \left\{ \begin{array}{c} b_0 \\ \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{il} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^k b_{iil} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{l \neq j}^k b_{ij} \\ \dots \end{array} \right\}. \quad (13)$$

Искомая матрица коэффициентов математической модели в виде полинома m -й степени от k факторов определяется по формуле

$$B = P^{-1}M, \quad (14)$$

где P^{-1} – матрица, обратная для матрицы P .

Следует отметить при этом, что регрессия (1), нелинейная по включенным переменным, может быть сведена к линейному виду с помощью методов линеаризации простой заменой переменных, а дальнейшая оценка параметров выполнена с помощью МНК.

Заключение

Предложен метод комплексной оценки качества материалов, изделий, конструкций зданий и сооружений, технических устройств, предприятий, на которых имеются опасные производственные объекты с использованием S -образных кривых. В основу предложенного метода положена кусочно-нелинейная зависимость в виде полинома нечетной степени, позволяющая количественно описывать процессы, происходящие под влиянием факторов с постоянным ускорением или замедлением.

Практическая реализация предложенного метода позволит получить количественную комплексную оценку качества материалов, изделий, конструкций зданий и сооружений, технических устройств, предприятий, на которых имеются опасные производственные объекты с использованием S -образных кривых, а его автоматизация позволит сократить время, необходимое для получения результатов.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» // Собрание законодательства Российской Федерации, № 30, 28.07.97, ст. 3588. Российская газета, № 145, 30.07.97

2. Анализ эффективности существующей системы оценки качества материалов, изделий и конструкций на опасных производственных объектах / Наркевич М.Ю., Корниенко В.Д., Логунова О.С., Полякова М.А., Извеков Ю.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. Т.19. №2. С. 103–111.
3. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) (с изменениями на 26 октября 2021 года): Федеральный закон от 30 ноября 1994 № 51-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, № 32, 05.12.1994, ст. 3301. Российская газета, № 238–239, 08.12.1994.
4. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с изменением № 1). М.: Стандартиформ, 2009. 22 с.
5. Большой толковый словарь русского языка / гл. ред. С.А. Кузнецов. 1-е изд.: СПб.: Норинт, 1998.
6. Азгальдов Г.Г. Количественная оценка качества (Квалиметрия). Библиография. М.: Изд-во стандартов, 1971. 176 с.
7. ГОСТ 4.200-78. Система показателей качества продукции (СПКП). Строительство. Основные положения (с изменением № 1). М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 6 с.
8. Качество материалов, изделий и конструкций в промышленной безопасности: эмпирическая основа / Наркевич М.Ю., Логунова О.С., Корниенко В.Д., Николаев А.А., Тюлюмов А.Н., Злыдарев Н.В., Дерябин Д.И. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. Т.19. №3. С. 90–101.
9. Рубин Г.Ш., Касаткина Е.Г. S -образная математическая модель единичной оценки качества // Качество в обработке материалов. 2014. № 2 (2). С. 74–81.
10. Об оценке качества единичного показателя продукции / Наркевич М.Ю., Рубин Г.Ш., Ильина Е.А., Кузнецов А.Ю. // Ab ovo ... (С самого начала ...): сб. науч. тр. Магнитогорск, 2019. С. 85.
11. Квалиметрический метод оценки качества объектов металлургического предприятия / Извеков Ю.А., Наркевич М.Ю. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. Т. 23. № 2 (100). С. 42–45.
12. Наркевич М.Ю. Проблемы контроля и оценки качества при изготовлении и монтаже стальных строительных конструкций зданий и сооружений // Архитектура. Строительство. Образование. 2012. № 1. С. 130–137.
13. 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.
14. Qualimetric Unit Quality Estimation: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019660512, 07.08.2019 / Наркевич М.Ю., Рубин Г.Ш., Гун Г.С., Ильина Е.А., Кузнецов А.Ю. Заявка № 2019619196 от 29.07.2019.

15. Баженов Ю.М., Вознесенский В.А. Перспективы применения математических методов в технологии сборного железобетона. М.: Стройиздат, 1974. 192 с.
16. Логунова О.С., Романов П.Ю., Ильина Е.А. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ: учебник. 2-е изд., испр. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2021. 377 с.

References

1. Federal Law No. 116-FZ dated July 21, 1997 (as amended on June 11, 2021) "On industrial safety of hazardous production facilities". Collection of Legislative Acts of the Russian Federation, no. 30, 28.07.97, Article 3588. *Rossiyskaya Gazeta*, no. 145, 30.07.97
2. Narkevich M.Yu., Kornienko V.D., Logunova O.S., Polyakova M.A., Izvekov Yu.A. 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, vol. 19, no. 2, pp. 103–111. (In Russ.)
3. The Civil Code of the Russian Federation (Part One) (as amended on October 26, 2021): Federal Law No. 51-FZ dated November 30, 1994. Collection of Legislative Acts of the Russian Federation, no. 32, 05.12.1994, Article 3301. *Rossiyskaya Gazeta*, no. 238-239, 08.12.1994.
4. GOST 15467-79. *Upravlenie kachestvom produktsii. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya* [Product quality management. Basic concepts. Terms and definitions (including amendment No. 1)]. Moscow: Standartinform, 2009, 22 p. (In Russ.)
5. Kuznetsov S.A. *Bolshoi tolkovyi slovar russkogo yazyka* [The large explanatory dictionary of the Russian language]. St. Petersburg: Norint, 1998. (In Russ.)
6. Azgaldov G.G. *Kolichestvennaya otsenka kachestva (Kvalimetriya). Bibliografiya* [Quantitative assessment of quality (Qualimetry). Bibliography]. Moscow: Publishing House of Standards, 1971, 176 p. (In Russ.)
7. GOST 4.200-78. *Sistema pokazatelei kachestva produktsii (SPKP). Stroitelstvo. Osnovnye polozheniya* [System of product quality indicators (SPQI). Construction. Basic provisions (including amendment No. 1)]. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2003, 6 p. (In Russ.)
8. Narkevich M.Yu., Logunova O.S., Kornienko V.D., Nikolaev A.A., Tyulyumov A.N., Zlydarev N.V., Deryabin D.I. Quality of materials, products and structures in industrial safety: An empirical basis. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2021, vol. 19, no. 3, pp. 90–101. (In Russ.)
9. Rubin G.Sh., Kasatkina E.G. S-shaped mathematical model of a single quality assessment. *Kachestvo v obrabotke materialov* [Quality in Materials Processing], 2014, no. 2 (2), pp. 74–81. (In Russ.)
10. Narkevich M.Yu., Rubin G.Sh., Ilina E.A., Kuznetsov A.Yu. On the assessment of the quality of a single indicator of products. Ab ovo ...: Collection of scientific papers. Magnitogorsk, 2019, p. 85. (In Russ.)
11. Izvekov Yu.A., Narkevich M.Yu. A qualimetric method for assessing the quality of metallurgical facilities. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2021, vol. 23, no. 2 (100), pp. 42–45. (In Russ.)
12. Narkevich M.Yu. Problems of quality control and assessment, when manufacturing and installing steel structures of buildings and plants. *Arkhitektura. Stroitelstvo. Obrazovanie* [Architecture. Construction. Education], 2012, no. 1, pp. 130–137. (In Russ.)
13. Narkevich M.Yu., Ilina E.A., Mekhontsev A.A. Assessment of a single indicator of product quality based on S-shaped logistic curves. *Perspektivy nauki* [Prospects of Science], 2020, no. 6 (129), pp. 54–57. (In Russ.)
14. Narkevich M.Yu., Rubin G.Sh., Gun G.S., Ilina E.A., Kuznetsov A.Yu. Qualimetric Unit Quality Estimation. Certificate of registration of the computer program RU 2019660512, 07.08.2019. Application No. 2019619196 dated 29.07.2019.
15. Bazhenov Yu.M., Voznesensky V.A. *Perspektivy primeneniya matematicheskikh metodov v tekhnologii sbornogo zhelezobetona* [Prospects for the application of mathematical methods in precast reinforced concrete technology]. Moscow: Stroyizdat, 1974, 192 p. (In Russ.)
16. Logunova O.S., Romanov P.Yu., Ilina E.A. *Obrabotka eksperimentalnykh dannykh na EVM: uchebnik* [Processing of experimental data on a computer: Textbook]. Moscow: INFRA-M, 2021, 377 p. (In Russ.)

Поступила 10.11.2021; принята к публикации 30.11.2021; опубликована 24.12.2021
Submitted 10/11/2021; revised 30/11/2021; published 24/12/2021

Наркевич Михаил Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительных конструкций, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия. Email: Narkevich_MU@mail.ru. ORCID 0000-0001-6608-8293

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