

РАЗРАБОТКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В статье приведены результаты разработки показателей системы мониторинга процесса разработки документов по стандартизации. Неотъемлемой частью управления процессом разработки документов по стандартизации является система мониторинга. Она позволяет отслеживать и контролировать ключевые показатели процесса разработки документов по стандартизации. Также применение системы мониторинга делает возможным формирование референтной базы для анализа причин отклонений значений показателей. При этом важной задачей является оценка результативности системы мониторинга и математическое обоснование показателя оценки эффективности системы мониторинга, учитывающего ошибки при реализации процесса мониторинга.

Ключевые слова: информационные технологии, система мониторинга, контроль процесса, показатели, разработка стандартов, управление качеством.

Введение. Устойчивое развитие организации, осуществляющей разработку документов по стандартизации, в определенной степени зависит от наличия систем мониторинга, которые контролируют соответствие ключевых показателей заданным значениям, а также регистрируют отклонения показателей.

Разработка документов по стандартизации в контексте четвертой промышленной революции предполагает высокую степень интеграции технологий и полный контроль над информацией. Современные системы мониторинга процессов неизбежно влияют на качество процессов [1], особенно в случае применения в имитационном моделировании процессов. Однако многие подходы к мониторингу процессов являются реактивными и выявляют отклонения только по факту их выявления. При этом развивающимся является применение систем мониторинга, прогнозирующих отклонения показателей и, соответственно, позволяющих применять корректирующие действия с упреждением возникновения таких отклонений. Вместо того чтобы просто выявлять нарушения, они прогнозируются и потенциально могут быть предотвращены. При этом система мониторинга на основе прогнозирования требует работы с большими массивами данных, содержащих историю выполнения процесса разработки документов по стандартизации, на анализе которых строится прогностическая модель. И от эффективности работы системы мониторин-

га будет зависеть эффективность самого процесса разработки документов по стандартизации.

В то же время необходимы определенные показатели для оценки эффективности процесса и самих систем мониторинга. Ранее разработанные показатели для оценки эффективности систем мониторинга имеют разные подходы для расчетов, что вызывает трудности при стандартизации оценки эффективности системы мониторинга, применяемой для процесса разработки документов по стандартизации, учитывающие при этом использование информационных технологий [2–9].

В настоящий момент вопрос математического обоснования показателя оценки эффективности системы мониторинга процесса разработки документов по стандартизации входит в разряд актуальных.

Основная цель. Статья направлена на разработку и математическое обоснование показателя оценки эффективности системы мониторинга процесса разработки документов по стандартизации.

При разработке систем мониторинга одним из важных этапов является наличие сформулированных требований к системе мониторинга, а также разработанные показатели, по которым проводится мониторинг процесса и порядок оценки эффективности мониторинга.

Рассматриваемые проблемы. Использование новых решений в рамках развивающихся концепций и технологических укладов требует высокого уровня внедрения процессных подходов. В значи-

тельной мере эффективность процессного подхода определяют средства и методы контроля качества процесса. Внедрение современных инструментов и методов позволяет осуществлять мониторинг процессов, оптимизировать затраты на качество. При этом важно, чтобы сама система мониторинга соответствовала определенным критериям.

Показатель оценки эффективности системы мониторинга должен характеризовать информационную емкость системы мониторинга.

Пока квантовые коммуникации и системы мониторинга квантовой сети находятся в стадии апробации [10], современные системы мониторинга используют дискретные сообщения, которые, какими бы сложными они ни были, могут передаваться с использованием последовательности двоичных цифр 0 и 1.

Наиболее изученная и распространенная в настоящий момент двоичная последовательность может использоваться для передачи сообщения о событии процесса разработки документов по стандартизации, выбранного из $N = 2^m$ возможных событий, где $m = \log_2 N$ — длина последовательности (количество битов в двоичном числе). Таким образом, длина последовательности, необходимой для передачи определенного сообщения, пропорциональна логарифму числа возможных сообщений. При этом максимальный объем информации в сообщении пропорционален его длине (1)

$$H_{\max} = \log_2 N. \quad (1)$$

Значение H_{\max} определяет верхний порог объема информации, который может содержаться в сообщении [11]. Фактический объем информации зависит не только от количества возможных сообщений, но и от их вероятностей, поскольку сообщения выбираются из набора возможных неоднородных сообщений. Учитывая это, определим понятие количественной меры информации (2).

$$H(X) = \sum_{i=1}^N P(X_i) \log_2 P(X_i), \quad (2)$$

где $P(X_i)$ — вероятность i -го сообщения из множества N .

В случае, когда вероятности всех сообщений, кроме одного, обращаются в ноль, т.е. если $P(X_i) = 0$ и если $P(X_i) = 1$ ($i \neq 1$), объем информации равен нулю. Если заранее известно, что все возможные сообщения в наборе N равновероятны, объем информации определяется как максимальный.

Таким образом, во всех случаях, кроме предельных ($N_{\min} = 0$ и $H_{\max} = \log_2 N$), справедливо неравенство (3).

$$0 < H < \log_2 N. \quad (3)$$

Величина H называется энтропией случайной величины X . Это мера начальной неопределенности результата при выборе сообщений X из множества возможных сообщений, поступающих в систему мониторинга из журнала событий при выполнении процесса разработки документов по стандартизации.

Выбор сообщения полностью устраняет эту неопределенность и описывает объем информации, равный H .

Объем информации, получаемой системой мониторинга за интервал времени (t, τ) , равен изменению величины энтропии (4).

$$I(X, t, \tau) = H_0(X, t, \tau) - H_k(X, t, \tau), \quad (4)$$

где $H_0(X, t, \tau)$ — энтропия, которая описывает неопределенность контролируемого процесса разработки документов по стандартизации перед выполнением мониторинга (X — набор состояний объекта в момент времени t , соответствующий моменту завершения мониторинга, τ — момент времени, соответствующий моменту прекращения работы системы мониторинга; $H_k(X, t, \tau)$, является условной энтропией контролируемого процесса разработки документов по стандартизации при осуществлении мониторинга.

Каждое состояние контролируемого процесса разработки документов по стандартизации в любой момент времени t характеризуется вероятностью выполнения задачи в интервале времени (t, τ) (5)

$$P(t, \tau) = P_{\text{HC}}(t, \tau) \cdot P_{\text{PC}}(t, \tau), \quad (5)$$

где $P_{\text{HC}}(t, \tau)$, $P_{\text{PC}}(t, \tau)$ — соответственно вероятности отсутствия сбоев (непредсказуемых и постепенных) процесса разработки документов по стандартизации, к которому применяется система мониторинга.

Если сбои независимы, энтропия мониторинга равна сумме энтропий, вызванных этими сбоями, рассчитывается по формуле (6).

$$H_0(X, t, \tau) = H_{\text{HC}}(X, t, \tau) + H_{\text{PC}}(X, t, \tau), \quad (6)$$

где $H_{\text{HC}}(X, t, \tau) = - \{P_{\text{HC}}(X, t, \tau) \log_2 P_{\text{HC}}(X, t, \tau) + (1 - P_{\text{HC}}(X, t, \tau) \log_2 (1 - P_{\text{HC}}(X, t, \tau))\}$ рассчитан в соответствии с формулой (2).

$H_{\text{PC}}(X, t, \tau) = - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f_{\text{PC}}(X, t, \tau) \log_2 f_{\text{PC}}(X, t, \tau) dX$ — энтропия, вызванная влиянием постепенных сбоев на выходные параметры системы мониторинга (здесь $f_{\text{PC}}(X, t, \tau)$ — плотность распределения выходного параметра X , подверженного влиянию постепенных сбоев).

Оптимальный уровень неопределенности контролируемого процесса разработки документов по стандартизации выбирается из условия, обеспечивающего заданную вероятность выполнения процессом задачи (7).

$$H_{\text{опт}}(X, t, \tau) = - \{P(X, t_{kk}, \tau_{kop}) \log_2 P(X, t_{kk}, \tau_{kop}) + [1 - P(X, t_{kk}, \tau_{kop})] \log_2 [1 - P(X, t_{kk}, \tau_{kop})]\}, \quad (7)$$

где $P(X, t_{kk}, \tau_{kop})$ — вероятность того, что процесс разработки документов по стандартизации, а также система мониторинга завершат выполнение задачи в интервале времени (t_{kk}, τ_{kop}) , который начинается в момент завершения мониторинга t_{kk} (окончание мониторинга) и прекращается в момент завершения контролируемого этапа процесса разработки документов по стандартизации τ_{kop} (окончание процесса).

Контрольное время τ_k должно быть сведено к минимуму, чтобы за единицу времени можно было получить максимальный объем информации с наибольшей надежностью.

Объем информации, получаемой системой мониторинга за определенный промежуток времени, определяется в соответствии с формулой (8).

$$I(t, \tau) = H_0(t, \tau) - H(t, \tau), \quad (8)$$

где $H_0(t, \tau)$ — энтропия, описывающая неопределенность контролируемого процесса разработки доку-

ментов по стандартизации до начала выполнения мониторинга. Определяется по формуле (6);

$H(t, \tau)$ — оставшаяся энтропия контролируемого процесса разработки документов по стандартизации после завершения мониторинга. Определяется по формуле (7).

Формула (8) описывает реальную информационную емкость системы мониторинга. Потенциальная эффективность системы мониторинга рассчитывается по формуле (9):

$$I_{\Pi} = H(t, \tau). \quad (9)$$

Эффективность системы мониторинга с информационной точки зрения может быть оценена по показателю (10):

$$\mathcal{E}_I(t, \tau) = \frac{I_p(t, \tau)}{I_{\Pi}(t, \tau)}, \quad (10)$$

где $I_p(t, \tau) = I_{\Pi}(t, \tau)$ — реальный объем информации, рассчитанный в соответствии с формулой (8).

Принимая во внимание формулы (8) и (9), получим показатель оценки эффективности системы мониторинга (11):

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{H_0(t, \tau) - H(t, \tau)}{H_0(t, \tau)}. \quad (11)$$

Исходя из формулы (11) видно, что идеальная система мониторинга будет иметь значение эффективности $\mathcal{E}(t, \tau) = 1$, а реальная — значение $\mathcal{E}_I(t, \tau) < 1$. Однако показатель $\mathcal{E}_I(t, \tau)$ не учитывает динамику мониторинга, а также сложность и стоимость системы мониторинга. Эти недостатки могут быть устранены путем введения другого коэффициента эффективности системы мониторинга (12).

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{K_I(t, \tau)}{H_{I_0}(t, \tau)}, \quad (12)$$

где $K_I(t, \tau) = \frac{I_{\max}(t, \tau)}{C_{\Sigma}(t, \tau)}$ — это максимальный объем информации, получаемой системой мониторинга за единицу ее общей стоимости.

$I_{\max}(t, \tau) = \sum_{i=1}^m I_{\max}(t, \tau)$ — это максимальный объем информации, получаемой при мониторинге процесса разработки документов по стандартизации по m -параметрам.

$K_{I_0}(t, \tau) = \frac{I_{\max \max}(t, \tau)}{C_{\min}(t, \tau)}$ — это максимальный средний объем информации, получаемой системой мониторинга при мониторинге процесса разработки документов по стандартизации по m -параметрам на единицу минимальной общей стоимости идеальной системы мониторинга.

$I_{\max \max}(t, \tau) = \sum_{i=1}^m I_{\max \max}(t, \tau)$ — это максимальный средний объем информации, получаемый при мониторинге процесса разработки документов по стандартизации с помощью m -параметров.

Таким образом, оценка эффективности системы мониторинга процесса разработки документов по стандартизации представляет выражение, изложенное в формуле (13),

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{\sum_{i=1}^m [H_{0i}(t, \tau) - H_i(t, \tau)] C_{\min}(t, \tau)}{m \sum_{i=1}^m C_i(t, \tau)}. \quad (13)$$

Выводы. Система мониторинга должна обеспечивать отслеживание изменений в требованиях к информационным ресурсам, возникающим в процессе разработки документов по стандартизации. Возможно применение нескольких методов контроля для системы мониторинга — прямой контроль, косвенный контроль, параметрический контроль.

Сформулированы требования к системе мониторинга и оценки процессов разработки документов по стандартизации.

В том числе разработаны показатели, по которым проводится мониторинг процесса и которые сгруппированы по основным разделам — время выполнения процесса, стоимость процесса, надежность процесса, устойчивость процесса, операционные риски, метрические показатели сбоев процесса.

Разработанный порядок оценки эффективности системы мониторинга включает:

- расчет энтропии каждой подсистемы системы мониторинга до начала выполнения мониторинга;

- расчет энтропии контролируемого процесса с учетом энтропии системы мониторинга, вызванной ошибками, имеющими место в ходе выполнения мониторинга;

- расчеты эффективности системы мониторинга процесса разработки документов по стандартизации в установленном порядке.

Диапазон критериев показателя эффективности соответствует условию $0 \leq \mathcal{E}(t, \tau) \leq 1$.

Современные высокоэффективные системы мониторинга для применения в процессе разработки документов по стандартизации с перспективой внедрения в цифровые двойники процесса разработки документов по стандартизации должны иметь показатель эффективности, близкий к единице.

Библиографический список

1. Назаренко М. А., Филиппов А. А. Особенности сквозного интегрированного управления качеством // Управление качеством: избранные науч. тр. XIX Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 12–13 марта 2020 г. Москва: Изд-во МАИ, 2020. С. 190–194. EDN: DAJJPZ.
2. Васильева Е. В., Деева Е. А., Неизвестный С. И. Метрики оценки эффективности процессов цифровизации документационного обеспечения подготовки нормативных актов // Вестник Академии знаний. 2023. № 2 (55). С. 299–302. EDN: PMIJM.
3. Кочеткова Е. В. Критерии оценки эффективности бизнес-процессов предприятия в условиях цифровизации // Интеллектуальные ресурсы — региональному развитию. 2022. № 1. С. 177–182. EDN: TGXLHU.
4. Полянсков Ю. В., Железнов О. В., Липатова С. В. [и др.]. Комплексная модель оценки деятельности предприятия как элемент развития системы управления цифровым производством // Цифровизация как драйвер роста науки и образования: моногр. Петрозаводск: МЦНП Новая Наука, 2020. С. 111–136.
5. Князев А. В., Черемухина Ю. Ю. Проблематика разработки стандартов по обеспечению развития метавселенных // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. 2022. № 4. С. 61–67. DOI: 10.46418/2619-0729-2022-4-12. EDN: GWDGGX.
6. Князев А. В., Черемухина Ю. Ю. Нормативно-методическое обеспечение стандартизации технологий блокчейн // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 91–96. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-91-96. EDN: LCZCWT

7. Knyazev A., Cheremukhina J. Mining Standard Development in Information and Communication Technologies for Education // 2023 3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE). 2023. P. 120–123. DOI: 10.1109/TELE58910.2023.10184383.

8. Knyazev A., Cheremukhina J. Regulatory and Methodological Support for the Mixed Reality Technology in Education // 2022 2nd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE). 2022. P. 37–39. DOI: 10.1109/TELE55498.2022.9801029.

9. Зажигалкин А. В., Пугачев В. М., Петросян А. Е. Цифровая экономика и будущее стандартизации // Стандарты и качество. 2017. № 9. С. 30–34. EDN: ZHTVNI.

10. Об утверждении предварительного национального стандарта: приказ Росстандарта от 11 июля 2023 г. № 22-пнст. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

11. Шадрин И. В., Дьячук П. П., Бажин Д. С. Динамические компьютерные тесты учебной деятельности. Красноярск: Изд-во КГПУ имени В. П. Астафьева, 2015. 216 с. EDN: UJANZN.

КНЯЗЕВ Александр Васильевич, аспирант кафедры электроники МИРЭА — Российского технологического университета (РТУ МИРЭА), г. Москва.

SPIN-код: 3652-8569

AuthorID (РИНЦ): 1092332

Адрес для переписки: knyazev.a.v4@edu.mirea.ru

ЧЕРЕМУХИНА Юлия Юрьевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры электроники РТУ МИРЭА, г. Москва.

SPIN-код: 8230-3472

AuthorID (РИНЦ): 847834

Адрес для переписки: cheremukhina@mirea.ru

Для цитирования

Князев А. В., Черемухина Ю. Ю. Разработка показателей оценки эффективности системы мониторинга процесса разработки документов по стандартизации с применением информационных технологий // Омский научный вестник. 2024. № 2 (190). С. 37–42. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-190-37-42.

Статья поступила в редакцию 12.12.2023 г.

© А. В. Князев, Ю. Ю. Черемухина

DEVELOPMENT OF INDICATORS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE MONITORING SYSTEM FOR DEVELOPMENT OF STANDARDIZATION DOCUMENTS USING INFORMATION TECHNOLOGY

The article presents the results of the development of indicators for monitoring the process of developing standardization documents. An integral part of the management of the standardization document development process is the monitoring system. The monitoring system allows you to monitor and control key indicators of the standardization document development process. Also, the use of a monitoring system makes it possible to form a reference base for analyzing the causes of deviations in the values of indicators. At the same time, an important task is to evaluate the effectiveness of the monitoring system and the mathematical justification of the indicator for evaluating the effectiveness of the monitoring system, taking into account errors in the implementation of the monitoring process.

Keywords: information technology, monitoring system, process control, indicators, standards development, quality management.

References

1. Nazarenko M. A., Filippov A. A. Osobennosti skvoznoogo integrirovannogo upravleniya kachestvom [Features of end-to-end integrated quality management] // Upravleniye kachestvom. *Quality Management*. Moscow, 2020. P. 190–194. EDN: DAJPZ. (In Russ.).
2. Vasil'yeva E. V., Deyeva E. A., Neizvestnyy S. I. Metriki otsenki effektivnosti protsessov tsifrovizatsii dokumentatsionnogo obespecheniya podgotovki normativnykh aktov [Metrics for evaluating the effectiveness of digitalization processes of documentation support for the preparation of regulations] // *Vestnik Akademii znaniy. Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2023. No. 2 (55). P. 299–302. EDN: PMIJM. (In Russ.).
3. Kochetkova E. V. Kriterii otsenki effektivnosti biznes-protsessov predpriyatiya v usloviyakh tsifrovizatsii [Criteria for evaluating the effectiveness of an enterprise's business processes in the context of digitalization] // *Intellektual'nyye resursy-regional'nomu razvitiyu. Intellectual Resources for Regional Development*. 2022. No. 1. P. 177–182. EDN: TGXLHU. (In Russ.).
4. Polyanskov Yu. V., Zheleznov O. V., Lipatova S. V. [et al.]. Kompleksnaya model' otsenki deyatel'nosti predpriyatiya kak element razvitiya sistemy upravleniya tsifrovym proizvodstvom [A comprehensive model for evaluating the activity of an enterprise as an element of the development of a digital production management system] // *Tsifrovizatsiya kak drayver rosta nauki i obrazovaniya [Digitalization as a driver of the growth of science and education]*. Petrozavodsk, 2020. P. 111–136. (In Russ.).
5. Knyazev A. V., Cheremukhina Yu. Yu. Problematika razrabotki standartov po obespecheniyu razvitiya metaverse [The problems of developing standards to ensure the development of metaverses] // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo*

6. gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 4: Promyshlennyye tekhnologii. *Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design Series 4. Industrial Technologies*. 2022. No. 4. P. 61–67. DOI: 10.46418/2619-0729-2022-4-12. EDN: GWDGGX. (In Russ.).
7. Knyazev A. V., Cheremukhina Yu. Yu. Normativno-metodicheskoye obespecheniye standartizatsii tekhnologii blokcheyn [Regulatory and methodological support of blockchain technologies] // *Omskiy nauchnyy vestnik. Omsk Scientific Bulletin*. 2023. No. 2 (186). P. 91–96. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-91-96. EDN: LCZCWT. (In Russ.).
8. Knyazev A., Cheremukhina J. Mining Standard Development in Information and Communication Technologies for Education // 2023 3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE). 2023. P. 120–123. DOI: 10.1109/TELE58910.2023.10184383. (In Engl.).
9. Knyazev A., Cheremukhina J. Regulatory and Methodological Support for the Mixed Reality Technology in Education // 2022 2nd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE). 2022. P. 37–39. DOI: 10.1109/TELE55498.2022.9801029. (In Engl.).
10. Zazhigalkin A. V., Pugachev V. M., Petrosyan A. E. Tsifrovaya ekonomika i budushcheye standartizatsii [The digital economy and the future of standardization] // *Standarty i kachestvo. Standards and Quality*. 2017. No. 9. P. 30–34. EDN: ZHTVNJ. (In Russ.).
11. Ob utverzhdenii predvaritel'nogo natsional'nogo standarta: prikaz Rosstandarta ot 11 iyulya 2023 g. № 22-pnst [On Approval of the Preliminary National Standard: Rosstandart Order of 11 July 2023, No. 22-pnst]. Available at «Consultant Plus» System. (In Russ.).
12. Shadrin I. V., D'yachuk P. P., Bazhin D. S. Dinamicheskiye komp'yuternyye testy uchebnoy deyatel'nosti [Dynamic computer

tests of educational activities]. Krasnoyarsk, 2015. 216 p. EDN: UJAHZN. (In Russ.).

KNYAZEV Aleksandr Vasilyevich, Graduate Student of Electronics Departments, MIREA — Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow.

SPIN-code: 3652-8569

AuthorID (RSCI): 1092332

Correspondence address: knyazev.a.v4@edu.mirea.ru

CHEREMUKHINA Yuliya Yuryevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Electronics Departments, RTU MIREA, Moscow.

SPIN-code: 8230-3472

AuthorID (RSCI): 847834

Correspondence address: cheremukhina@mirea.ru

For citations

Knyazev A. V., Cheremukhina Yu. Yu. Development of indicators for evaluating the effectiveness of the monitoring system for development of standardization documents using information technology // Omsk Scientific Bulletin. 2024. No. 2 (190). P. 37 – 42. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-190-37-42.

Received December 12, 2023.

© A. V. Knyazev, Yu. Yu. Cheremukhina