

УПРАВЛЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

CONTROL, MODELING, AUTOMATION

Научная статья
УДК 303.732.4
<https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-7-17>
EDN ZTDBKY

Метод оценки эффективности производственного контроля опасных производственных объектов для системы дистанционного контроля промышленной безопасности

*Сергей Анатольевич Приходько¹, Виталий Евгеньевич Родованов²,
Валерий Валентинович Идрисов³✉, Андрей Геннадьевич Кокуев⁴*

¹⁻³ООО «Газпром добыча Астрахань»,
Астрахань, Россия, Hipeople@yandex.ru✉

⁴Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия

Аннотация. При определении интегрального показателя промышленной безопасности (ПБ), рассчитываемого в Системе дистанционного контроля ПБ опасного производственного объекта (ОПО), необходимо учитывать не только динамические данные в реальном времени от систем автоматического управления технологическим процессом, систем контроля надежности оборудования и др., но и обобщенные показатели результативности процесса организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований ПБ. Оценка эффективности производственного контроля является актуальной задачей в рамках проводимого комплексного анализа риска ОПО, при котором формируется принцип иерархии (ранжирования всех участвующих элементов, с анализом каждого компонента). В связи с этим для разработки метода оценки эффективности производственного контроля применялся интегральный системный анализ на основе коренных системных свойств промышленного объекта, а также предъявляемых к нему требований ПБ. Важное значение при рассмотрении ОПО как сложной системы придается учету неопределенностей его компонентов при различных условиях эксплуатации, что позволяет более объективно оценивать возможные риски для принятия корректирующих действий. Результаты производственного контроля соблюдения требований ПБ на ОПО и оценка эффективности самого процесса являются источником входных данных для проактивного управления факторами, влияющими на вероятность возникновения аварийно опасных происшествий.

Ключевые слова: промышленная безопасность, производственный контроль, опасный производственный объект, автоматизированная система, интегральный показатель промышленной безопасности

Для цитирования: Приходько С. А., Родованов В. Е., Идрисов В. В., Кокуев А. Г. Метод оценки эффективности производственного контроля опасных производственных объектов для системы дистанционного контроля промышленной безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2025. № 3. С. 7–17. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-7-17>. EDN ZTDBKY.

Original article

A method for evaluating the hazardous production facilities industrial control effectiveness for a remote industrial safety monitoring system

Sergei A. Prikhodko¹, Vitalii E. Rodovanov², Valeriy V. Idrisov³✉, Andrei G. Kokuev⁴

¹⁻³Gasprom dobycha Astrakhan, LLC,
Astrakhan, Russia, Hipeople@yandex.ru ✉

⁴Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia

Abstract. When determining the integrated industrial safety indicator (SR) calculated in the SR Remote Control System of a hazardous production facility (HPF), it is necessary to take into account not only dynamic real-time data from automatic process control systems, equipment reliability monitoring systems, etc., but also generalized indicators of the effectiveness of the organization and implementation of production control over compliance with requirements of SR. Evaluating the effectiveness of production control is an urgent task within the framework of the ongoing comprehensive risk analysis of environmental management, which forms the principle of hierarchy (ranking of all participating elements, with an analysis of each component). In this regard, an integrated system analysis based on the fundamental system properties of an industrial facility, as well as the safety requirements (SR) imposed on it, was used to develop a method for evaluating the effectiveness of production control. When considering an HPF as a complex system, it is important to take into account the uncertainties of its components under various operating conditions, which allows for a more objective assessment of possible risks in order to take corrective actions. The results of the production control of compliance with the requirements of the SR at the HPF and the assessment of the effectiveness of the process itself are a source of input data for proactive management of factors affecting the likelihood of accidents.

Keywords: industrial safety, production control, hazardous production facility, automated system, integrated indicator of industrial safety

For citation: Prikhodko S. A., Rodovanov V. E., Idrisov V. V., Kokuev A. G. A method for evaluating the hazardous production facilities industrial control effectiveness for a remote industrial safety monitoring system. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics*. 2025;3:7-17. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-7-17>. EDN ZTDBKY.

Введение

Согласно «Правилам организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности» [1], производственный контроль (ПК) является составной частью системы управления безопасностью и осуществляется эксплуатирующей организацией путем проведения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасных производственных объектов (ОПО), а также на предупреждение аварий на этих объектах и обеспечение готовности к локализации аварий и инцидентов и ликвидации их последствий.

Основными задачами ПК являются:

- обеспечение соблюдения требований промышленной безопасности (ПБ) в эксплуатирующей организации;
- анализ состояния ПБ в эксплуатирующей организации, в том числе путем организации проведения соответствующих экспертиз;
- разработка мер, направленных на улучшение состояния ПБ и предотвращение ущерба окружаю-

щей среде;

- контроль за соблюдением требований ПБ, установленных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами;
- координация работ, направленных на предупреждение аварий на ОПО и обеспечение готовности к локализации аварий и ликвидации их последствий;
- контроль за своевременным проведением необходимых испытаний и технических освидетельствований технических устройств, применяемых на ОПО, ремонтом и поверкой контрольных средств измерений;
- контроль за соблюдением технологической дисциплины.

При рассмотрении ПК в составе Документарного блока Системы дистанционного контроля промышленной безопасности ОПО ООО «Газпром добыча Астрахань» [2] оценивается эффективность (результативность) всей системы ПК организации, эксплуатирующей ОПО, через основные результаты данного процесса (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Показатели результативности процесса производственного контроля

Performance indicators of the production control process

| Показатель результативности | Критерий результативности |
|--|--|
| Безопасность функционирования ОПО | Отсутствие на отдельных элементах ОПО «критичных» несоответствий требованиям ПБ, требующих оперативного принятия мер («нарушения красной категории» – грубые нарушения требований ПБ, которые привели к возникновению непосредственной угрозы жизни или здоровью людей). Самостоятельное и оперативное принятие организацией, эксплуатирующей ОПО, мер по выявлению и устранению несоответствий (устранение выявленных несоответствий в сроки, установленные с учетом «критичности» несоответствия) – качественное (результативное) исполнение процедуры внутреннего ПК ОПО. Наличие и количество предписаний по результатам Государственных надзорных органов (показатель соответствия ОПО Федеральным требованиям ПБ) [3, 4] |
| Безаварийность ОПО | Отсутствие на ОПО за отчетный (анализируемый) период аварийно опасных происшествий 1 и 2 класса (авария, инцидент) |
| Готовность организации и персонала ОПО к локализации аварий и инцидентов | Организационная готовность – наличие актуального плана мероприятий ликвидации аварий (ПМЛА), своевременное и полное проведение требуемых противоаварийных тренировок с персоналом ОПО, создание и поддержание необходимых финансовых и материально-технических резервов (аварийный запас). Техническая готовность – наличие и оснащенность аварийно-спасательных формирований (АСФ), наличие и комплектация аварийного запаса |

Для расчета статических показателей в том числе учтено и реализовано ранжирование выявляемых несоответствий по критерию [5, 6], учитывающему тяжесть возможных последствий, обусловленных риском возникновения нежелательных событий (авария, инцидент, несчастный случай).

По тяжести возможных последствий несоответствия подразделяются на 3 категории:

– красная зона – группа особо опасных нарушений («критические» нарушения), требующих немедленного устранения (вмешательства персонала), неустранение которых может повлечь тяжелые последствия (несчастный случай, авария, инцидент, пожар, останов объекта и т. п.);

– желтая зона – группа опасных нарушений, которые могли бы привести к аварии, инциденту, несчастному случаю, пожару и т. п. при условии их длительного неустранения. Нарушения, которые в целом не снижают уровень безопасности для работы персонала и функционирования всей систе-

мы, требующие устранения в течение года (в период планово-предупредительного ремонта);

– зеленая зона – группа неопасных нарушений, которые не могут привести к аварии, инциденту, несчастному случаю даже при условии их длительного неустранения. Нарушения, которые с минимальной вероятностью могут повлечь негативные последствия для персонала и оборудования (например, управление записями).

Этим трем категориям несоответствий присваиваются численные показатели, исходя из соотношения между событиями в пирамиде аварий и происшествий, представленной в «Методических рекомендациях по разработке ключевых индикаторов риска», утвержденных распоряжением ПАО «Газпром» от 13 мая 2020 № 168. При этом для потенциальных несоответствий целесообразно установить следующие числовые (весовые) показатели тяжести возможных последствий (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Значения показателя тяжести возможных последствий нарушений в области промышленной безопасности

The values of the severity of possible consequences of violations in the field of industrial safety

| Категория нарушения по тяжести возможных последствий (определяется экспертом (группой экспертов)) | Значение показателя тяжести возможных последствий нарушений* |
|---|--|
| «Красная» зона – группа особо опасных нарушений | 60 |
| «Желтая» зона – группа опасных нарушений | 3 |
| «Зеленая» зона – группа неопасных нарушений | 1,1** |

* Безразмерная величина; ** для определения представленного числового значения тяжести возможных последствий из соотношения показателей указанных в пирамиде аварий и происшествий в расчет принималась сумма двух верхних критичных событий.

Экспертным решением указанные значения принимаются как обратно пропорциональные числовым значениям пирамиды аварий и происшествий 1 : 10

(рис. 1), при этом считаем, что группа особо опасных нарушений (красная зона) соответствует вершине пирамиды (крупные аварии, травмы).

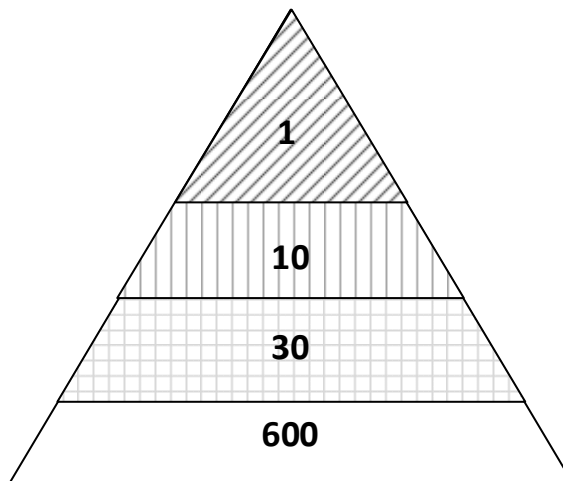


Рис. 1. Пирамида аварий и происшествий:

1 – крупные аварии с нанесением серьезных травм (несчастные случаи со смертельным исходом или травма с постоянной потерей трудоспособности); 10 – происшествия с нанесением легких травм (с временной потерей трудоспособности); 30 – происшествия с материальным ущербом; 600 – предаварийные ситуации

Fig. 1. Pyramid of accidents:

1 – major accidents with serious injuries (fatal accidents or permanent disability); 10 – minor injury incidents (with temporary disability); 30 – material damage incidents; 600 – pre-emergency situations

Обобщенный показатель результативности (эффективности) ПК ОПО

В качестве исходных данных для расчета показателей эффективности используются обобщенные сведения из заполненных в ходе проверок проверочных листов [6, 7], содержащих вопросы, которые отражают требования законодательных и федеральных нормативных документов, а также статистические сведения, характеризующие выполнение процедуры ПК для каждого ОПО за анализируемый период.

Для каждого из представленных показателей: $R_{ав}$ – показателя безаварийности, $R_{б.ф}$ – показателя безопасности функционирования и $R_{го}$ – показателя готовности к локализации аварий – рассчитываются

численные коэффициенты со значениями в интервале от 0 до 1, влияющими на итоговую оценку эффективности ПК для каждого ОПО – $O_{ПК}$, которая рассчитывается с учетом весовых коэффициентов (0,3, 0,5 и 0,2 – определены экспертным методом) по формуле

$$O_{ПК} = 0,5 \cdot R_{ав} + 0,3 \cdot R_{б.ф} + 0,2 \cdot R_{го}.$$

Расчет $O_{ПК}$ производится отдельно для каждого ОПО с частотой 1 раз в квартал.

Расчетное значение $O_{ПК}$ попадает в одну из четырех категорий, характеризующих текущую эффективность ПК (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Категории оценки эффективности ОПК

Categories of HIC assessment

| Оценка эффективности | Интервал значений* |
|---|-------------------------|
| Процесс эффективен | $0,9 \leq O_{ПК}$ |
| Область перспективного развития ПК | $0,7 \leq O_{ПК} < 0,9$ |
| Область улучшения | $0,5 \leq O_{ПК} < 0,7$ |
| Требуется разработка и реализация корректирующих действий | $O_{ПК} < 0,5$ |

* Итоговая оценка эффективности ограничена максимальным значением 1.

Показатель результативности ПК ОПО

Показатель результативности ПК ОПО находится по формуле

$$IP_{\text{ОПО ПК } i} = (1 - (1 - O_{\text{ПК}}) \cdot k_{\text{о.ПК}}),$$

$$i \in \{1, \dots, N_{\text{ОПО}}\},$$

где $O_{\text{ПК}}$ – показатель результативности ПК ОПО, учитывающий показатели аварийности, наличие повторных замечаний, предписаний контролирую-

щих органов, аудиты независимых организаций; $k_{\text{о.ПК}}$ – весовой коэффициент показателя результативности ПК ОПО, учитывающий влияние результативности ПК ОПО на интегральный показатель безопасности ОПО; $i \in \{1, \dots, N_{\text{ОПО}}\}$ – множество всех ОПО производственного объединения, $N_{\text{ОПО}}$ – количество ОПО;

Рекомендуемые значения коэффициента показателя результативности ПК ОПО указаны в табл. 4.

Таблица 4

Table 4

Критерии опасности ОПО

Hazard criteria for a hazardous production facility

| Критерии опасности ОПО | | Значение $k_{\text{о.ПК}}^*$ |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Класс опасности ОПО | Наличие взрывопожароопасных блоков | |
| I (чрезвычайно высокой опасности) | Блоки 1-й категории | 1,0 |
| | Блоки 2-й категории | 0,9 |
| II (высокой опасности) | Блоки 3-й категории | 0,7 |
| III (средней опасности) | – | 0,4 |

* Принимается максимальное значение $k_{\text{о.ПК}}$, исходя из обоих критериев.

Показатель несоответствий ПК технологического блока

Показатель несоответствий административно-производственного контроля формируется на основании результатов заполнения электронной опросной формы (чек-листа) в ходе периодического осмотра оборудования технологического блока специалистами ПБ предприятия [8, 9].

$$N_{\text{ФП АПК } b} = \frac{K_{\text{max}} \cdot n_{\text{кфпак}} - \sum_{k=1}^{N_{\text{ТБ_вопр}}(b)} (1 - O_{kb}) \cdot K_{O_{kb}} \cdot T_{\text{Э}kb}}{K_{\text{max}} \cdot n_{\text{кфпак}}}, \quad b \in \{1, \dots, N_{\text{ТБ}}(j)\},$$

где K_{max} – значение максимального весового коэффициента влияния, используемого в ПК (например, 6); $n_{\text{кфпак}}$ – количество несоответствий с максимальными значениями весового коэффициента, соответствующее высокому риску аварии или аварийному состоянию технических устройств ОПО (например, 4); O_{kb} – результат оценки соответствия – 1 – или несоответствия – 0 – требованиям ПБ согласно k -му вопросу опросного листа, $k \in \{1, \dots, N_{\text{ТБ_вопр}}(b)\}$ –

Показатель несоответствий ПК отражает риск аварии [10, 11] при наличии несоответствий фактического состояния оборудования от требований ПБ с учетом весовых коэффициентов каждого несоответствия и превышения сроков устранения выявленных несоответствий на технологическом блоке (ТБ). Показатель для b -го технологического блока рассчитывается по формуле

множество всех вопросов для ТБ элемента ОПО; $K_{O_{kb}}$ – весовой коэффициент влияния k -го вопроса при $O_{kb} = 0$ на риск аварии на ТБ; $b \in \{1, \dots, N_{\text{ТБ}}(j)\}$ – множество всех ТБ для элемента ОПО; $T_{\text{Э}kb}$ – эквивалентное время наличия несоответствия, вычисляемое по формуле

$$T_{\text{Э}kb} = 1 - \frac{T_{ykb}}{T_{ykb} + T_{\text{П}kb} + T_{\text{И}kb} / 2},$$

где T_{ykb} – установленный нормативный срок устранения несоответствий k -го вопроса на b -м ТБ; $T_{\text{П}kb}$ – время превышения (просрочки) срока устранения несоответствия k -го вопроса на b -м ТБ; $T_{\text{И}kb}$ – период проведения ПК устранения выявленных несоответствий.

Показатель безопасности функционирования ОПО $R_{\text{б.Ф}}$

Показатель безопасности функционирования ОПО $R_{\text{б.Ф}}$ вычисляется по формуле

$$R_{\text{б.Ф}} = f(P_{\text{кр}}; P_{\text{у.н}}; P_{\text{к.п}}; P_{\text{п.н}}; P_{\text{к.д}}; P_{\text{в.п}}; P_{\text{о.к}}),$$

где $P_{кр}$ – показатель наличия «критичных» несоответствий на ОПО и своевременности принятия мер по их устранению; $P_{у.н}$ – показатель устраняемости нарушений в установленные сроки; $P_{к.п}$ – показатель результативности контрольных процедур ПК; $P_{п.н}$ – показатель наличия повторно выявляемых несоответствий (повторным признается несоответствие, выявленное вновь после его устранения на одном и том же объекте (элементе ОПО) на однотипном оборудовании, и/или нарушение требований наличия или ведения конкретной исполнительно-технической документации в течение 2 лет с градацией по уровням ПК: для ПК 1 и 2 уровней – 6 мес; для ПК 3 уровня – 12 мес, для ПК 4 уровня – 24 мес); $P_{к.д}$ – показатель эффективности корректирующих и предупреждающих действий; $P_{в.п.}$ – показатель результативности ПК организации, эксплуатирующей ОПО, в сравнении с внешним ПК (корпоративный контроль ПАО «Газпром», Ростехнадзор); $P_{о.к}$ – показатель охвата элементов ОПО контрольными процедурами.

Показатель безаварийности ОПО (наличие/отсутствие техногенных событий) $R_{ав}$

При учете данного показателя во внимание принимаются только аварийно опасные происшествия уровней С1–С3 согласно классификации, установленной приказом Ростехнадзора России от 20 ноября 2023 г. № 410 [3].

Показатель готовности организации и персонала ОПО к локализации аварий и инцидентов $R_{го}$

Вычисляется как

$$R_{го} = f(G_{с.о}; G_{ПМЛА}; G_{АСФ}; G_{ф.с}; G_{а.з}; G_{у.ш}; G_{ат}),$$

где $G_{с.о}$ – показатель функционирования системы обучения персонала ОПО для обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий; $G_{ПМЛА}$ – показатель наличия действующих ПМЛА; $G_{АСФ}$ – показатель охвата ОПО АСФ; $G_{ф.с}$ – показатель наличия резерва финансовых средств; $G_{а.з}$ – показатель относительного количества аварийного запаса; $G_{у.ш}$ – показатель укомплектованности штатом ОПО; $G_{ат}$ – показатель функционирования системы обучения и аттестации сотрудников организации в области ПБ.

Расчет показателя безаварийности ОПО

Показатель $R_{ав}$ рассчитывается на основе сведений об аварийно опасных происшествиях [12], произошедших на ОПО за анализируемый период.

При учете данного показателя во внимание принимаются только аварийно опасные происшествия уровней С1–С3 согласно классификации [13]:

$$R_{ав} = K_{C1}^{n_{C1}} \cdot K_{C2}^{n_{C2}} \cdot K_{C3}^{n_{C3}},$$

где $K_{C1} = 0,4$ (авария на ОПО); $K_{C2} = 0,8$ (инцидент на ОПО); $K_{C3} = 0,95$ (предпосылка к инциденту на ОПО); $n_{C1}-n_{C3}$ – количество аварий, инцидентов и предпосылок к инцидентам на ОПО соответственно, имевших место за анализируемый период.

Расчет показателя безопасности функционирования ОПО

Показатель безопасности функционирования ОПО $R_{б.ф}$ рассчитывается для каждого ОПО по формуле

$$R_{б.ф} = (P_{кр} + P_{у.н} + P_{к.п} + P_{п.н} + P_{к.д} + P_{в.к} + P_{о.к}) / 7.$$

Расчет показателя наличия «критичных» несоответствий на ОПО и своевременности принятия мер по их устранению $P_{кр}$ проводят по формуле

$$P_{кр} = (P_{кр1} + P_{кр2} + P_{кр3}) / 3,$$

где

$$P_{кр1} = \frac{N_{кр1} - 10 \cdot N_{кр2}}{N_{кр1}}; \quad P_{кр2} = \frac{N_{кр2} - 10 \cdot N_{кр3}}{N_{кр2}};$$

$$P_{кр3} = \frac{N_{кр3} - 10 \cdot N_{кр4}}{N_{кр3}},$$

при условии, что:

$$- P_{кр1} \geq 0, P_{кр2} \geq 0, P_{кр3} \geq 0;$$

– при $N_{кр1} = N_{кр2} = 0$ значение $P_{кр1}$ принимается равным 1, где $N_{кр1}$ – количество «критичных» несоответствий на ОПО, выявленных ПК 1 уровня за анализируемый период, $N_{кр2}$ – количество «критичных» несоответствий на ОПО, выявленных ПК 2 уровня за анализируемый период;

– при $N_{кр2} = N_{кр3} = 0$ значение $P_{кр2}$ принимается равным 1, где $N_{кр3}$ – количество «критичных» несоответствий на ОПО, выявленных ПК 3 уровня за анализируемый период;

– при $N_{кр3} = N_{кр4} = 0$ значение $P_{кр3}$ принимается равным 1, где $N_{кр4}$ – количество «критичных» несоответствий на ОПО, выявленных ПК 4 уровня за анализируемый период.

Расчет показателя устраняемости нарушений $P_{у.н}$ проводят по формуле

$$P_{у.н} = \frac{N_{устр}}{N_{ист}} = \frac{N_{ист} - N_{пр}}{N_{ист}},$$

где $N_{устр}$ – количество нарушений, устраненных в срок; $N_{ист}$ – количество нарушений с истекшим сроком устранения; $N_{пр}$ – количество не устраненных в установленный срок нарушений.

При $N_{ист} = 0$ значение $P_{у.н}$ принимается равным 1.

Расчет показателя результативности контрольных процедур ПК $P_{к.п}$ проводят по формуле

$$P_{к.п} = (P_{к.п1} + P_{к.п2} + P_{к.п3}) / 3,$$

где

$$P_{к.п1} = \frac{H_{к1} - 10 \cdot N_{ПК2/1}}{H_{к1}}; P_{к.п2} = \frac{H_{к2} - 10 \cdot N_{ПК3/2}}{H_{к2}};$$

$$P_{к.п3} = \frac{H_{к3} - 10 \cdot N_{ПК4/3}}{H_{к3}},$$

при условии, что $P_{к.п1} \geq 0$, $P_{к.п2} \geq 0$, $P_{к.п3} \geq 0$; $P_{к.п1}$ – показатель результативности контрольных процедур ПК 1 уровня; $H_{к1}$ – количество проверяемых требований для ОПО при ПК 1-го уровня (контрольные вопросы проверочных листов ПК 1 уровня); $N_{ПК2/1}$ – количество выявленных несоответствий требованиям ПБ (контрольные вопросы проверочных листов ПК 1 уровня) на ОПО при ПК 1 уровня и не выявленных при ПК 1 уровня; $P_{к.п2}$ –

$$P_{п.н} = (P_{п.н1} + 2 \cdot P_{п.н2} + 3 \cdot P_{п.н3} + 4 \cdot P_{п.н4}) / 10;$$

$$P_{п.н} = \left(\frac{N_{ПК1} - N_{пов1}}{N_{ПК1}} + 2 \cdot \frac{N_{ПК2} - N_{пов2}}{N_{ПК2}} + 3 \cdot \frac{N_{ПК3} - N_{пов3}}{N_{ПК3}} + 4 \cdot \frac{N_{ПК4} - N_{пов4}}{N_{ПК4}} \right) / 10,$$

при условии, что $N_{ПКi} = 0$, значение $P_{п.нi}$, где $i = \{1, 2, 3, 4\}$ – уровень ПК, принимается равным 1; $P_{п.н1}$ – показатель наличия несоответствий с признаком «повторно» по результатам ПК 1 уровня; $N_{ПК1}$ – количество несоответствий, выявленных на ОПО при ПК 1 уровня за анализируемый период; $N_{пов1}$ – количество повторно выявленных несоответствий требованиям ПБ на ОПО при ПК 1 уровня за анализируемый период; $P_{п.н2}$ – показатель наличия несоответствий с признаком «повторно» по результатам ПК 2 уровня; $N_{ПК2}$ – количество несоответствий, выявленных на ОПО при ПК 2 уровня за анализируемый период; $N_{пов2}$ – количество повторно выявленных несоответствий требованиям ПБ на ОПО при ПК 2 уровня за анализируемый период; $P_{п.н3}$ – показатель наличия несоответствий с признаком «повторно» по результатам ПК 3 уровня; $N_{ПК3}$ – количество несоответствий, выявленных на ОПО при ПК 3 уровня за анализируемый период; $N_{пов3}$ – количество повторно выявленных несоответствий требованиям ПБ на ОПО при ПК 3 уровня за анализируемый период; $P_{п.н4}$ – показатель наличия несоответствий с признаком «повторно» по результатам ПК 4 уровня; $N_{ПК4}$ – количество несоответствий, выявленных на ОПО при ПК 4 уровня за анализируемый период; $N_{пов4}$ – количество повторно выявленных несоответствий требованиям ПБ на ОПО при ПК 4 уровня за анализируемый период.

показатель результативности контрольных процедур ПК 2 уровня; $H_{к2}$ – количество проверяемых требований для ОПО при ПК 2 уровня (контрольные вопросы проверочных листов ПК 2 уровня); $N_{ПК3/2}$ – количество выявленных несоответствий требованиям ПБ (контрольные вопросы проверочных листов ПК 2 уровня) на ОПО при ПК 3 уровня и не выявленных при ПК 2 уровня; $P_{к.п3}$ – показатель результативности контрольных процедур ПК 3 уровня; $H_{к3}$ – количество проверяемых требований для ОПО при ПК 3 уровня (контрольные вопросы проверочных листов ПК 3 уровня); $N_{ПК4/3}$ – количество выявленных несоответствий требованиям ПБ (контрольные вопросы проверочных листов ПК 3 уровня) на ОПО при ПК 4 уровня и не выявленных при ПК 3 уровня.

Расчет показателя наличия повторно выявляемых несоответствий $P_{п.н}$ проводят по формуле

Расчет показателя эффективности корректирующих и предупреждающих действий $P_{к.д}$ проводят по формуле

$$P_{к.д} = (P_{к.д2} + P_{к.д3}) / 2,$$

где

$$P_{к.д2} = \frac{N_{ПК1} + N_{ПК2} - (N_{Ртн} + N_{к.к} + N_{пов3})}{N_{ПК1} + N_{ПК2}},$$

$$P_{к.д3} = \frac{N_{ПК1} + N_{ПК2} + N_{ПК3} - 2 \cdot (N_{Ртн} + N_{к.к} + N_{пов4})}{N_{ПК1} + N_{ПК2} + N_{ПК3}},$$

при условии, что

- 1) $P_{к.д2} \geq 0$, $P_{к.д3} \geq 0$;
- 2) при $(N_{ПК1} + N_{ПК2}) = (N_{Ртн} + N_{к.к} + N_{пов3}) = 0$ значение $P_{к.д2}$ принимается равным 1;
- 3) при $(N_{ПК1} + N_{ПК2} + N_{ПК3}) = (N_{Ртн} + N_{к.к} + N_{пов4}) = 0$ значение $P_{к.д3}$ принимается равным 1; $P_{к.д2}$ – показатель эффективности корректирующих и предупреждающих действий, разрабатываемых на 2 уровне ПК; $P_{к.д3}$ – показатель эффективности корректирующих и предупреждающих действий, разрабатываемых на 3 уровне ПК; $N_{Ртн}$ – количество несоответствий, выявленных на ОПО по результатам проверок Ростехнадзора за анализируемый период; $N_{к.к}$ – количество несоответствий, выявленных на ОПО по результатам проверок корпоративного контроля ПАО «Газпром» (один из видов преду-

преждающего мониторинга, как вариант внешнего, но негосударственного контроля) за анализируемый период; $N_{пов3}$, $N_{пов4}$ – количество повторно выявленных несоответствий требованиям ПБ на ОПО при ПК 3 и 4 уровня соответственно за анализируемый период;

Расчет показателя результативности производственного контроля организации, эксплуатирующей ОПО, в сравнении с внешним ПК (корпоративный контроль организации) $P_{в.п}$ проводят с применением ранжирования выявляемых несоответствий по критерию, который учитывает тяжесть возможных последствий, обусловленных риском возникновения нежелательных событий (авария, инцидент, несчастный случай), по формуле

$$P_{в.п} = \left(2 \cdot \frac{S_{ПК}}{S_{КК}} + 3 \cdot \frac{S_{ПК}}{S_{Ртн}} \right),$$

$$S = \frac{(\sum_{k=1}^{N_{зона_кр}} n \cdot 60) + (\sum_{k=1}^{N_{зона_жл}} n \cdot 3) + (\sum_{k=1}^{N_{зона_зл}} n \cdot 1,1)}{N_{общ}},$$

где $N_{зона_кр}$, $N_{зона_жл}$, $N_{зона_зл}$ – количество нарушений, отнесенных к одной из трех зон (красная, желтая, зеленая) по тяжести возможных последствий, учитывается суммарно по каждому из проведенных контрольных мероприятий; $N_{общ}$ – определяется как суммарное количество нарушений на ОПО по всем категориям:

$$N_{общ} = N_{зона_кр} + N_{зона_жл} + N_{зона_зл}.$$

Данный показатель рассчитывается ежеквартально по всем внутренним и внешним контрольным мероприятиям на основе данных заполненных проверочных листов.

Расчет показателя охвата элементов ОПО контрольными процедурами $P_{о.к}$ проводят по формуле

$$P_{о.к} = F_{факт} / F_{план},$$

при условии, что $0 < P_{о.к} \leq 1$; при $F_{план} = 0$ значение $P_{о.к}$ принимается равным 1; $F_{факт}$ – фактическое количество проверенных элементов ОПО и направлений деятельности за анализируемый период; $F_{план}$ – количество запланированных к контролю элементов ОПО и направлений деятельности за анализируемый период.

Расчет показателя готовности организации и персонала ОПО к локализации аварий и инцидентов

Показатель готовности организации и персонала ОПО к локализации аварий и инцидентов $R_{го}$ рассчитывается в целом для организации, эксплуатирующей ОПО, по формуле

при условии, что $P_{в.п} \leq 1$; при $S_{КК} = S_{Ртн} = 0$ значение $P_{в.п}$ принимается равным 1; при $P_{в.п} > 1$, значение принимается 1; $S_{ПК}$ – средний показатель тяжести возможных последствий на один объект проверки (ОПО) по результатам проведенных контрольных мероприятий в рамках внутреннего ПК организации, эксплуатирующей ОПО, за анализируемый период; $S_{КК}$ – средний показатель тяжести возможных последствий на один объект проверки (ОПО) по результатам проведенных контрольных мероприятий в рамках корпоративного контроля ПАО «Газпром» за анализируемый период; $S_{Ртн}$ – средний показатель тяжести возможных последствий на один объект проверки (ОПО) по результатам проведенных контрольных мероприятий в рамках проверок Ростехнадзора за анализируемый период.

Для расчета средних показателей тяжести ($S_{ПК}$, $S_{КК}$, $S_{Ртн}$) применяется следующий единый алгоритм:

$$R_{го} = (G_{с.о} + G_{ПМЛА} + G_{АСФ} + G_{а.з} + G_{ф.с} + G_{у.ш} + G_{ат}) / 7,$$

где:

– расчет показателя функционирования системы обучения персонала ОПО для обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий $G_{с.о}$ проводят по формуле

$$G_{с.о} = Q_{пр.ут} / Q_{ут},$$

где $Q_{пр.ут}$ – количество проведенных учебных тревог по ПМЛА с персоналом ОПО; $Q_{ут}$ – количество запланированных учебных тревог по ПМЛА персоналом ОПО;

– расчет показателя наличия действующих ПМЛА $G_{ПМЛА}$ проводят по формуле

$$G_{ПМЛА} = Q_{опмла} / Q_{пмла},$$

где $Q_{опмла}$ – количество действующих ПМЛА; $Q_{пмла}$ – общее количество необходимых ПМЛА на ОПО;

– расчет показателя охвата ОПО АСФ – $G_{АСФ}$ проводят по формуле

$$G_{АСФ} = Q_{оасф} / Q_{асф},$$

где $Q_{оасф}$ – количество ОПО, обслуживаемых АСФ; $Q_{асф}$ – количество ОПО, подлежащих обслуживанию АСФ;

– показатель наличия резерва финансовых средств $G_{ф.с}$ при наличии реквизитов организационно-распределительного документа о наличии

финансовых средств принимается равным 1, при отсутствии – 0;

– расчет показателя относительного количества аварийного запаса в соответствии с перечнем номенклатуры $G_{a.3}$ проводят по формуле

$$G_{a.3} = Q_{o.a.3} / Q_{a.3},$$

где $Q_{o.a.3}$ – количество имеющегося аварийного запаса в соответствии с перечнем номенклатуры; $Q_{a.3}$ – общее количество аварийного запаса в соответствии с перечнем номенклатуры;

– расчет показателя укомплектованности штатом ОПО $G_{y.ш}$ проводят по формуле

$$G_{y.ш} = Q_{факт.числ} / Q_{общ.числ},$$

где $Q_{факт.числ}$ – фактическая численность работников эксплуатирующей организации, занятых на ОПО; $Q_{общ.числ}$ – общая численность работников эксплуатирующей организации, занятых на ОПО по штату;

– расчет показателя функционирования системы обучения и аттестации сотрудников организации в области ПБ $G_{атт}$ проводят по формуле

$$G_{атт} = Q_{атт} / Q_{атт.общ},$$

где $Q_{атт}$ – численность сотрудников, занятых на ОПО,

аттестованных по ПБ; $Q_{атт.общ}$ – общее количество сотрудников, занятых на ОПО, подлежащих аттестации по ПБ.

Заключение

В настоящем методе определены отдельные показатели производственного контроля (ПК), сформулированы критерии достижения результативности этих показателей, представлен математический алгоритм расчета обобщенного и частных показателей результативности (эффективности) процесса ПК ОПО. При этом выполнено ранжирование процессов ПК через применение весовых коэффициентов с учетом показателей результативности и их критериальной оценки.

Разработанный метод оценки эффективности ПК позволяет решить задачу по формированию в численном виде для систем дистанционного контроля ПБ исходных данных результатов проактивного управления факторами, влияющими на вероятность возникновения аварийно опасных происшествий.

Представленный метод может быть использован в качестве прикладного универсального подхода при анализе эффективности функционирования системы управления ПБ со стороны высшего руководства организации с целью выявления необходимости и принятия мер по совершенствованию отдельных процедур процесса ПК.

Список источников

1. Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности: Постановление Правительства Российской Федерации от 18 декабря 2020 г. № 2168. URL: <http://government.ru/docs/all/131741/> (дата обращения: 05.03.2025).
2. Пономаренко Д. В., Гавриленко Е. Л., Низамов Н. Ф., Родованов В. Е., Приходько С. А., Андреев А. А., Колесов С. В. Система дистанционного контроля промышленной безопасности опасных производственных объектов ООО «Газпром добыча Астрахань» // Газовая промышленность. 2023. № 8 (852). С. 80–90.
3. Ягудин Р. Х. Новые подходы в организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах // Гор. информ.-аналит. бюл. (науч.-техн. журн.). Отдельный выпуск. Безопасность. 2006. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-podhody-v-organizatsii-i-osuschestvlenii-proizvodstvennogo-kontrolya-za-soblyudeniem-trebovaniy-promyshlennoy-bezopasnosti-na/viewer> (дата обращения: 05.03.2025).
4. Шавалеев Д. А., Абдрахманов Н. Х. Управление промышленной безопасностью объектов топливно-энергетического комплекса на основе анализа и мониторинга рисков // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2012. № 6. С. 435–441. URL: http://ogbus.ru/authors/ShavaleevDA/ShavaleevDA_1.pdf (дата обращения: 05.03.2025).
5. Веселков В. Г., Пярин Р. С., Зиновьев В. В., Гавриленко Е. Л., Синявин А. М. Информационная система мониторинга как инструмент повышения эффективности осуществления административно-производственного контроля состояния охраны труда и промышленной безопасности // Газовая промышленность. 2017. № 2 (748). С. 30–36.
6. Фатхутдинов Р. И., Климова И. В. Критерии оценки эффективности производственного контроля в нефтегазодобывающей отрасли // Рассохинские чтения. 2018. С. 280–285.
7. Баловцев С. В., Воробьева О. В. Многофункциональные системы промышленной безопасности в угледобывающей отрасли // Гор. информ.-аналит. бюл. (науч.-техн. журн.). 2020. № S1. С. 31–38.
8. Дубов А. А. Проблемы оценки остаточного ресурса стареющего оборудования // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2010. № 2. С. 49–54.
9. Авт. свидетельство 2015613766 Рос. Федерация. № 2014664087. Учет и контроль устранения нарушений, выявленных при административно-производственном контроле 1 и 2 уровня / Михайленко С. А., Пономаренко Д. В., Коньков А. Ю., Ивенков С. Г., Юсупов Д. Р., Ионов К. В., Морозов В. И., Гавриленко Е. Л., Свинцов А. В., Молчанов Д. А.; заявл. 30.12.2014; опубл. 20.04.2015.
10. Стаинов В. В., Серых И. Р., Чернышева Е. В., Дегтярь А. Н. Риск-ориентированный подход в области промышленной безопасности // Вестн. Белгород. гос.

технолог. ун-та им. В. Г. Шухова. 2018. Т. 3. № 12. С. 67–72. DOI: 10.12737/article_5c1c9960a03a84.05293055.

11. Акимов Д. Д., Еделькина А. Г. Внедрение риск-ориентированного подхода на опасных промышленных объектах // Проблемы социально-экономического развития России на современном этапе: сб. материалов IX Ежегод. междунар. науч.-техн. конф. (Тамбов, 28 октября 2017 г.): в 2-х ч. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. ун-та им. Г. Р. Державина, 2017. Ч. 2. С. 105–111.

12. Абдрахимов Ю. Р., Габделхакова Н. Р. Повышение безопасности опасных производственных объектов нефтегазодобывающих производств // Междунар. науч.

журн. «Вестник науки». 2020. № 5 (26). Т. 3. С. 147–150. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-opasnykh-proizvodstvennykh-obektov-neftegazodobyvayushchih-proizvodstv/viewer> (дата обращения: 05.03.2025).

13. Об утверждении руководства по безопасности «Методические рекомендации по классификации аварийно опасных происшествий на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса»: приказ Ростехнадзора России от 20 ноября 2023 г. № 410. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/acts/%D0%9F%D1%80-410%20%D0%BE%D1%82%2020.11.2023%20.pdf> (дата обращения: 05.03.2025).

References

1. *Ob organizatsii i osushchestvlenii proizvodstvennogo kontrolya za soblyudeniem trebovaniy promyshlennoi bezopasnosti: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 18 dekabria 2020 g. № 2168* [On the organization and implementation of industrial control over compliance with Industrial Safety requirements: Decree of the Government of the Russian Federation dated December 18, 2020 No. 2168]. Available at: <http://government.ru/docs/all/131741/> (accessed: 05.03.2025).

2. Ponomarenko D. V., Gavrilenko E. L., Nizamov N. F., Rodovanov V. E., Prihod'ko S. A., Andreev A. A., Kolesov S. V. Sistema dantsionnogo kontrolya promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov OOO «Gazprom dobycha Astrakhan» [The system of remote control of industrial safety of hazardous production facilities of Gazprom Dobycha Astrakhan LLC]. *Gazovaia promyshlennost'*, 2023, no. 8 (852), pp. 80-90.

3. Iagudin R. Kh. Novye podkhody v organizatsii i osushchestvlenii proizvodstvennogo kontrolya za soblyudeniem trebovaniy promyshlennoi bezopasnosti na opasnykh proizvodstvennykh ob"ektakh [New approaches in the organization and implementation of industrial control over compliance with industrial safety requirements at hazardous production facilities]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). Otdel'nyi vypusk. Bezopasnost'*, 2006. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-podkhody-v-organizatsii-i-osushchestvlenii-proizvodstvennogo-kontrolya-za-soblyudeniem-trebovaniy-promyshlennoy-bezopasnosti-na/viewer> (accessed: 05.03.2025).

4. Shavaleev D. A., Abdrakhmanov N. Kh. Upravlenie promyshlennoi bezopasnost'iu ob"ektov toplivno-energeticheskogo kompleksa na osnove analiza i monitoringa riskov [Industrial safety management of fuel and energy complex facilities based on risk analysis and monitoring]. *Neftegazovoe delo: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2012, no. 6, pp. 435-441. Available at: http://ogbus.ru/authors/ShavaleevDA/ShavaleevDA_1.pdf (accessed: 05.03.2025).

5. Veselkov V. G., Piarin R. S., Zinov'ev V. V., Gavrilenko E. L., Siniavin A. M. Informatsionnaia sistema monitoringa kak instrument povysheniia effektivnosti osushchestvleniia administrativno-proizvodstvennogo kontrolya sostoiianiia okhrany truda i promyshlennoi bezopasnosti [Information monitoring system as a tool for improving the efficiency of administrative and industrial control of occupational safety and industrial safety]. *Gazovaia promyshlennost'*, 2017, no. 2 (748), pp. 30-36.

6. Fatkhutdinov R. I., Klimova I. V. Kriterii otsenki effektivnosti proizvodstvennogo kontrolya v neftegazodobyvayushchei otrasli [Criteria for evaluating the effectiveness

of production control in the oil and gas industry]. *Rassokhinskie chteniia*, 2018, pp. 280-285.

7. Balovtsev S. V., Vorob'eva O. V. Mnogofunktsional'nye sistemy promyshlennoi bezopasnosti v ugledobyvaiushchei otrasli [Multifunctional industrial safety systems in the coal mining industry]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 2020, no. S1, pp. 31-38.

8. Dubov A. A. Problemy otsenki ostatochnogo resursa stareiushchego oborudovaniia [Problems of estimating the remaining life of aging equipment]. *Tekhnicheskaiia diagnostika i nerazrushaiushchii kontrol'*, 2010, no. 2, pp. 49-54.

9. Mikhailenko S. A., Ponomarenko D. V., Kon'kov A. Iu., Ivenkov S. G., Iusupov D. R., Ionov K. V., Morozov V. I., Gavrilenko E. L., Svintsov A. V., Molchanov D. A. *Uchet i kontrol' ustraneniia narushenii, vyivlennykh pri administrativno-proizvodstvennom kontrole 1 i 2 urovnia* [Accounting and control of elimination of violations identified during administrative and production control of the 1st and 2nd levels]. *Avtorskoe svidetel'stvo 2015613766 Russia*, no. 2014664087; 20.04.2015.

10. Statinov V. V., Serykh I. R., Chernysheva E. V., Degtiar' A. N. Risk-orientirovannyi podkhod v oblasti promyshlennoi bezopasnosti [Risk-based approach in the field of industrial safety]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova*, 2018, vol. 3, no. 12, pp. 67-72. DOI: 10.12737/article_5c1c9960a03a84.05293055.

11. Akimov D. D., Edel'kina A. G. Vnedrenie risk-orientirovannogo podkhoda na opasnykh promyshlennykh ob"ektakh [Implementation of a risk-based approach at hazardous industrial facilities]. *Problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia Rossii na sovremennom etape: sbornik materialov IX Ezhegodnoi mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Tambov, 28 oktiabria 2017 g.): v 2-kh chastiakh*. Tambov, Izd-vo Tamb. gos. un-ta im. G. R. Derzhavina, 2017. Part 2. Pp. 105-111.

12. Abdrakhimov Iu. R., Gabelkhakova N. R. Povyshenie bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazodobyvayushchikh proizvodstv [Improving the safety of hazardous production facilities in oil and gas production]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal «Vestnik nauki»*, 2020, no. 5 (26), vol. 3, pp. 147-150. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-opasnykh-proizvodstvennykh-obektov-neftegazodobyvayushchih-proizvodstv/viewer> (accessed: 05.03.2025).

13. *Ob utverzhdenii rukovodstva po bezopasnosti «Metodicheskie rekomendatsii po klassifikatsii aviarii opasnykh proisshествii na opasnykh proizvodstvennykh ob"ektakh*

neftegazovogo kompleksa»: prikaz Rostekhnadzora Rossii ot 20 noiabria 2023 g. № 410 [On approval of the safety Manual “Methodological Recommendations for the Classification of Hazardous Accidents at Hazardous Production Facilities of the Oil and gas Complex”: Rostekhnadzor of Russia Order

No. 410 dated November 20, 2023]. Available at: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/acts/%D0%9F%D1%80-410%20%D0%BE%D1%82%2020.11.2023%20.pdf> (accessed: 05.03.2025).

Статья поступила в редакцию 05.05.2025; одобрена после рецензирования 16.06.2025; принята к публикации 15.07.2025
The article was submitted 05.05.2025; approved after reviewing 16.06.2025; accepted for publication 15.07.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Сергей Анатольевич Приходько – начальник службы промышленной безопасности; ООО «Газпром добыча Астрахань»; sprihodko@yandex.ru

Sergei A. Prikhodko – Head of the Service Industrial Safety; Gazprom dobycha Astrakhan, LLC; sprihodko@yandex.ru

Виталий Евгеньевич Родованов – начальник производственного отдела автоматизации и метрологического обеспечения; ООО «Газпром добыча Астрахань»; rve125@mail.ru

Vitalii E. Rodovanov – Head of the Production Department of Automation and Metrological Support; Gazprom dobycha Astrakhan, LLC; rve125@mail.ru

Валерий Валентинович Идрисов – начальник отдела общестроительных работ службы строительного контроля Инженерно-технического центра; ООО «Газпром добыча Астрахань»; Hipeople@yandex.ru

Valeriy V. Idrisov – Head of the General Construction Works Department of the Construction Control Service of the Engineering and Technical Center; Gazprom dobycha Astrakhan, LLC; Hipeople@yandex.ru

Андрей Геннадьевич Кокуев – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой автоматики и управления; Астраханский государственный технический университет; kokuevag@mail.ru

Andrei G. Kokuev – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Automation and Management; Astrakhan State Technical University; kokuevag@mail.ru

