

УДК 658.562: 622.276-049.5

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**INDUSTRIAL CONTROL ORGANIZATION  
FOR OIL AND GAS INDUSTRY FACILITIES**

**В.Э. Абросимова, Г.Т. Хачатрян, Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин**

**Самарский государственный технический университет,  
г. Самара, Российская Федерация**

**Victoria E. Abrosimova, Grigor T. Khachatryan,  
Daria A. Melnikova, German N. Yagovkin**

**Samara State Technical University, Samara, Russian Federation  
e-mail: melnikovada1988@mail.ru**

**Аннотация.** Наличие происшествий на предприятиях нефтегазовой отрасли во многом зависит от уровня промышленной безопасности. Её состояние определяется при осуществлении производственного контроля. Специфика предприятий нефтегазовой отрасли состоит в том, что производственные объекты предприятия чаще всего расположены на значительном удалении друг от друга и отличаются различным уровнем опасности. Это предъявляет к органам, осуществляющим производственный контроль, дополнительные требования по его осуществлению.

Цели и задачи исследования: сформулировать основные требования к осуществлению производственного контроля; на их основании построить схему организации производственного контроля; определить основные направления его совершенствования; показать основные задачи производственного контроля; обосновать объем выборки информации и

осуществлении производственного контроля объекта; математически обосновать деятельность органов, осуществляющих производственный контроль.

При осуществлении исследований использованы элементы теорий организации и оптимизации, а также методы классификации, ветвей и границ.

Предложена классификация отклонений от требований промышленной безопасности с точки зрения их адекватности сформулировать основные требования к объектам контроля. Построена обобщенная схема организации производственного контроля. Сформулированы математически задачи составления плана контрольной деятельности и основные задачи при ее осуществлении. Математически обоснован объем выборки при осуществлении контрольной деятельности.

**Abstract.** The incidents occurrence at the oil and gas industry facilities largely depends on the level of industrial safety. Its condition is determined by the production control implementation. The specifics of the oil and gas industry is that the production facilities of the enterprise are most often located at a considerable distance from each other and differ in different levels of danger. This imposes additional requirements for the production control authority implementation.

Aims and objectives of the study: to formulate the basic requirements for the production control implementation; build a scheme for organizing production control; determine the main directions of its improvement; show the main tasks of production control; to justify the amount of sampling information and the production control implementation; mathematically substantiate the production control.

In carrying out the research, elements of theories of organization and optimization, as well as methods of classification, branches and boundaries, were used.

A classification of deviations from industrial safety requirements from the point of view of their adequacy is proposed to formulate the main requirements for objects of control. A generalized scheme of production control organization has been built. Mathematically formulated the task of drawing up a plan of control activities and the main tasks in its implementation. Sample size in the implementation of control activities is mathematically substantiated.

**Ключевые слова:** производственный контроль; отклонения; промышленная безопасность; оптимизация; алгоритм; авария; информация; трудозатраты

**Key words:** production control; deviations; industrial safety; optimization; algorithm; accident; information; labor costs

Наличие происшествий на опасных производственных объектах нефтегазовой отрасли требует оптимизации деятельности служб, осуществляющих производственный контроль.

Производственный контроль как функция общественного управления людьми предполагает собой концепцию контроля соответствия объекта контроля требованиям законов, норм, стандартов и других нормативно-технических документов, оценивая результаты отклонения от них с точки зрения адекватности. Отклонения могут быть систематизированы по следующим показателям [1]:

- содержание;
- уровень значимости;
- форма проявления;
- частота встречаемости;
- иерархический уровень принятия решения о его устранении;
- уровень сложности устранения;
- сфера распространения;
- предмет несоответствия.

Согласно содержанию, принцип несоответствия может устанавливаться состоянием оборудования, системой производства работ, обучаемостью персонала и т.п.

Значительным несоответствием необходимо рассматривать невыполнение требований нормативно-технической документации, что, в свою очередь, способно привести к аварии или несчастному случаю. Оно требует незамедлительного принятия решения: разработки и реализации корректирующего воздействия.

Незначительное расхождение способно оказывать негативное воздействие на состояние промышленной безопасности или привести к значительному. Оно может устраняться в некоторых случаях, в том числе и в процессе осуществляющей контроль работы, например, недостатки в инструктировании по безопасному производству работ.

По форме проявления несоответствия имеют все шансы быть существующими или потенциальными. Первым может быть просрочка в сроках аттестации персонала по вопросам промышленной безопасности, а потенциально возможным – близкий срок их окончания.

По частоте встречаемости они бывают единовременные и повторяющиеся. Работающий может не придерживаться требований инструкций по обеспечению условий промышленной безопасности единично, либо время от времени выполнять работу, не соблюдая этих требований в силу различных индивидуальных факторов.

По степени принятия решений по устранению несоответствий они могут подразделяться согласно иерархии предприятия: работодатель – подразделение – исполнитель.

По сложности ликвидации несоответствия разделяются на простые и сложные. Простые могут устраняться незамедлительно. К ним можно приобщить неиспользование индивидуальных защитных средств, дефицит контроля за производством работ и т.п. К сложным – обязательность ремонтных работ или замены оборудования.

По сфере распространения несоответствия делятся на ограниченные и неограниченные. Ограниченным считается такое, когда оно характерно только для определенных условий выполнения работ.

Объектами контроля считаются такие компоненты и свойства объектов, которые гарантируют безопасность рабочего персонала: надежность оборудования и другие характеристики предоставления безопасности. Главными функциями контроля являются:

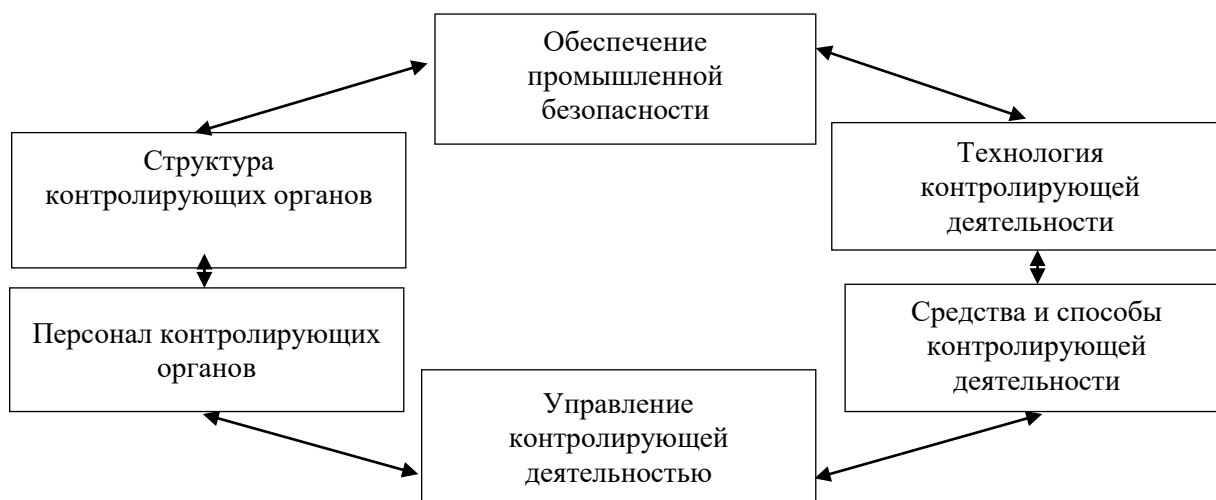
- анализ, необходимый для выявления основных характеристик внешней и внутренней среды, оказывающих большое влияние на безопасность деятельности;
- составление плана, заключающееся в разработке концепции показателей с целью позиционирования производства в сфере обеспечения индустриальной безопасности;
- учет с целью стратегического и административного учета характеристик промышленной безопасности;
- организация, создание и утверждение управленческих решений в сфере обеспечения безопасности;
- контроль за процессом достижения установленных целей посредством выявления отклонений регулируемых показателей от нормируемых по местам их появления, причинам и виновникам.

Обобщенная схема организации производственного контроля приведена на рисунке 1.

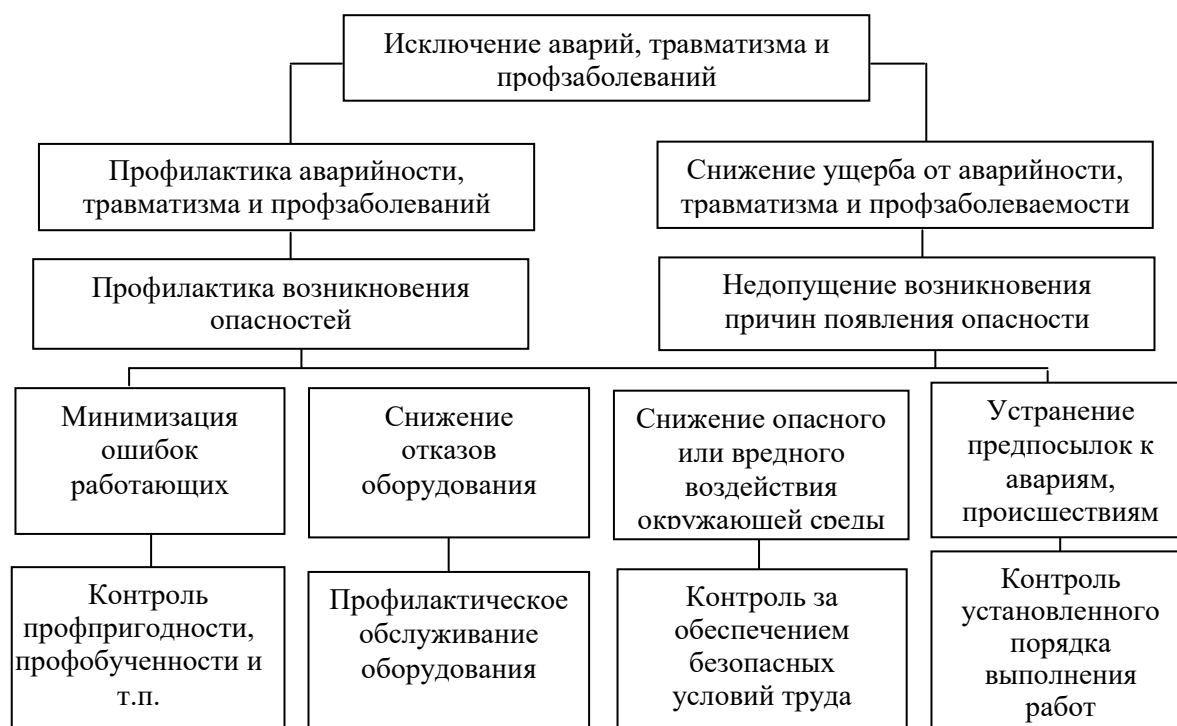
Совершенствование производственного контроля (управление) проходит согласно соответствующим направлениям:

- обоснование размера выборки периодически контролируемых производственных объектов;
- создание графиков обследования объектов органами контроля.

Основные задачи производственного контроля приведены на рисунке 2.



**Рисунок 1.** Обобщенная схема организации производственного контроля на предприятии



**Рисунок 2.** Основные задачи системы производственного контроля за состоянием промышленной безопасности производства

Обоснование объема выборки инспектируемых объектов обуславливается невозможностью систематически регулярно и качественно контролировать в то же время все без исключения производственные объекты. В данном случае может быть не выдержано условие к своевременности управления промышленной безопасностью. С

целью увеличения производительности контрольной деятельности в этих обстоятельствах приходится осуществлять частичный контроль лишь наиболее опасных из них.

Обоснование оптимальности выборки данных из исследуемых объектов более рационально осуществлять при применении в качестве аспекта оптимизации информацию о происшествиях и предпосылок к ним. Сначала следует планировать те объемы, где допустимо наибольшее число несчастных случаев или могут иметь место более тяжелые последствия от них.

Ограничением к объему выборки запланированных с целью обследования объектов служат трудовые затраты.

В предположении о пропорциональности трудозатрат, к числу зарегистрированных на опасных производственных объектах происшествий и предпосылок к ним  $x_i(\tau)$ , рассматриваемая задача сводится к установлению такого состава выборки исследуемых производственных объектов, при котором гарантируется получение предельно возможной информации об условиях появления отклонений, а требуемые трудозатраты никак не превосходят выделенных на эти цели [2]. Математически цель формирования плана контрольной деятельности заключается в определении таких  $m$  объектов из  $N$ , при которых соблюдаются соответствующие, более строгие условия [3]:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot x_i(\tau) &\rightarrow \max; \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot \tau_i &\leq T_B; \\ \tau &= \alpha_i \cdot x_i(\tau) + b_i; \\ i, m &\in N \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $m, N$  – число выбранных и количество проверяемых производственных объектов соответственно;

$\alpha_i$  – булева переменная (параметр, равнозначный единице для объектов из подмножества  $m$  и равный нулю для других объектов);

$a_i, b_i$  – постоянные, соразмерные времени, необходимые с целью исследования факторов возникновения одного происшествя и для исследования к  $i$ -ому объекту соответственно;

$T_b$  – трудозатраты для инспектирования объектов в рассматриваемом периоде времени.

Задача оптимизации относится к классу задач линейного (комбинированного) программирования. Способом ее решения может послужить алгоритм, базирующийся на методе ветвей и границ [4]. Подбор этого алгоритма определен его эффективностью для задач с довольно большой размерностью оптимизируемых параметров.

Качество контроля характеризуется вероятностными параметрами осуществляемых преобразований. При этом под вероятностными  $P^{(H)}(y_l|x_k)$  предполагаются неточности первого и второго рода –  $k^{01}, k^{10}$ ; их дополнения вплоть до единицы  $k^{11}, k^{00}$ ; условные вероятности ликвидации найденных гипотез –  $P_{ky}$ , а под ресурсами –  $\tau(y_l|x_k)$ , нужными для операционного контроля и устранения найденных отклонений, – затраты  $S_m$  соответственно.

Ошибки первого рода определяют недостаток эффекта при повышении объема выборки, а второго – недостаток прироста ошибки при увеличении объема выборки

Организация контроля промышленной безопасности выполнения определенного технологического процесса в рассматриваемых условиях способна состоять в установлении значений некоторой величины  $x_k$ , указывающих на необходимость ( $x_k \neq 0$ ) и кратность ( $x_k = 1, 2, 3, \dots$ ) осуществления контроля за любой отдельной операцией, а задача его совершенствования – в выборе оптимального (в определенном смысле) вектора  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_m\}$ . В качестве критерия оптимальности и



ограничений должна использоваться организационная оценка  $E\{\psi\} = E(t)$  или ее элементы: ресурсы, существующие у исследуемой и обеспечивающей ее безопасность производственных систем –  $\tau$  или  $S$ .

Для уточнения содержания вектора  $E\{\psi\}$  следует принимать во внимание, что цель предоставления промышленной безопасности состоит в удержании в возможных пределах или минимизации суммарных издержек, либо их одного элемента – ущерба от происшествий. Следовательно, при совершенствовании организации ее контроля следует извлечь из данного вектора, в первую очередь, вероятность отсутствия происшествий или предпосылок к ним –  $P_\delta(\tau) = 1 - Q(\tau)$  и математические ожидания величин ущерба –  $M_\tau[Y]$  или затрат –  $M_\tau[S]$ , с ними сопряженных.

С учетом изложенного обоснование рекомендаций по совершенствованию контроля промышленной безопасности выполнения производственных процессов может быть сведено к постановке и решению ряда оптимизационных задач, различных либо оптимизируемыми параметрами, либо целевой функцией и ограничением.

Задача улучшения промышленной безопасности проводимых работ заключается в выборе кратности контроля, т.е. в выделении действий, подлежащих двойному, тройному и т.д. контролю, с дальнейшим устранением обнаруженных нарушений.

Математически это сводится к нахождению вектора  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_m\}$ , реализующего одно из таких двух условий.

$$\left. \begin{aligned} P_\delta(X) &\rightarrow \max; \\ S(X) &\leq S_B(\tau); \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} S(X) &\rightarrow \min; \\ P_\delta(X) &\leq P_\delta^*(\tau), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При установленных предположениях вероятность  $P_\delta(X)$  будет определяться произведением, а затраты  $S(X)$  – суммой входящих в них частных показателей процесса:

$$P_{\delta}(X) = P_{\delta}(\tau) = \prod_{k=1}^m P_{\delta k}; \quad Q(X) = 1 - P_{\delta}(X); \quad (4)$$

$$S(\tau) = S(X) = \sum_{k=1}^m S_k(\tau). \quad (5)$$

где  $P_{\delta k}(\tau)$  – вероятность выполнения  $k$ -ых технологических операций без происшествий и предпосылок к ним в течение времени  $\tau$ ,

$S_k(\tau) = S_{kk}(\tau) + S_{ky}(\tau)$  – затраты, требуемые с целью организации в это же время контроля состояния промышленной безопасности проводимых работ и устранения обнаруженных отклонений.

При условии пренебрежения ошибками первого рода ( $k^{01} = 0$ ),

$$Q'_k(\tau) = Q_k(\tau) \prod_{i=1}^{x_k} [k_i^{10} + k_i^{00}(1 - P_{ki})], \quad (6)$$

а соответствующие этим организационным операциям и допущениям затраты формируются подобными соотношениями:

$$S_k(\tau) = x_k [S_{kx} + b_k S_{yx}]; \quad (7)$$

$$S_k(\tau) = S_{k1} + Q'_k(\tau) k_1^{00} S_{y1} + S_{k2} + Q'_k(\tau) k_1^{10} k_2^{00} S_{y2} + \dots + S_{kx'} + Q'_k(\tau) k_1^{10} k_2^{10} \dots k_{x-1}^{10} k_x^{00} S_{yx'}, \quad (8)$$

где  $b_k = [1 - Q_k(\tau)] k^{11} + Q_k(\tau) k^{10}$  – параметр качества системы контроля;

$P_{ki} = \mu_n$  – условные вероятности устранения выявленных внештатных ситуаций на  $i$ -ом его шаге.

$S_{kx'}$ ,  $S_{yx'}$  – затраты на организацию производственного контроля и устранения возникающих на его  $i$ -ом шаге.

Ограничения станут определяться исходя из предполагаемой эффективности производственного контроля и устранения вероятных отклонений, сопоставления ее с эффективностью технических и технологических средств защиты. Значение  $P_{\delta}^*(\tau)$  может задаваться также на базе статистических соотношений между числом происшествий и предпосылок к ним, обычно составляющих 1 : 300 – для аварий и происшествий [2].

В качестве одного из вероятных способов решения предложенных задач оптимизации рационально применять градиентный метод отыскания экстремума. При этом градиентом на  $j$ -ом шаге движения по координате  $x_k$  удобно использовать следующее отношение:

$$\gamma_{jk} = \Delta P_{\delta}(x_{jk} \in X) / \Delta S(x_{jk} \in X). \quad (9)$$

Рекомендуются такие первоначальные точки поиска экстремума –  $\{x_{ok}\}$  и соответствующие им решения:  $P_{\delta}(X_o)$  – для прямой постановки или  $S(X_o)$  – для обратной. Они должны определяться из выражения (6) при условии подстановки в него таких значений параметров  $k^{00}, k^{01}, k^{10}, k^{11}, P_{ki}, S_{ki}, S_{yi}$ , которые удовлетворяют решаемой задаче.

Для решения рассмотренных задач могут быть использованы популярные методы решения и соответствующие им программы [5]. Концепция поиска экстремума, как правило, заключается в использовании операционных процедур, включающих операционное наращивание объемов производственного контроля до получения первого приемлемого решения, а далее поочередно улучшение полученного результата за счет перераспределения средств, выделенных на производственный контроль и коррекцию выполняемых операций.

## Вывод

Предложена классификация отклонений от требований промышленной безопасности с точки зрения их адекватности сформулировать основные требования к объектам контроля. Построена обобщенная схема организации производственного контроля. Сформулированы математически задачи составления плана контрольной деятельности и основные задачи при ее осуществлении. Математически обоснован объем выборки при осуществлении контрольной деятельности.

## Список используемых источников

1. Алекина Е.В., Мельникова Д.А., Яговкин Г.Н. Теоретические основы формирования интегративной системы управления безопасностью производства. Самара: СГТУ, 2018. 281 с.
2. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. М.: ГНТБ «Безопасность», 1996. 424 с.
3. Мельникова Д.А., Яговкин Г.Н. Основополагающие принципы обеспечения безопасности человека при построении системы управления профессиональными рисками // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 8. С. 9-13.
4. Gillett B. Introduction to Operations Research: a Computer-Oriented Algorithmic Approach. New York: Mc Grow hill Inc, 1976. 386 p.
5. Портер У. Современные основания общей теории систем. М.: Наука, 1971. 556 с.

## References

1. Alekina E.V., Mel'nikova D.A., Yagovkin G.N. *Teoreticheskie osnovy formirovaniya integrativnoi sistemy upravleniya bezopasnost'yu proizvodstva* [Theoretical Bases of Formation of Integrative System of Production Safety Management]. Samara, SGTU Publ., 2018. 281 p. [in Russian].
2. Belov P.G. *Teoreticheskie osnovy sistemnoi inzhenerii bezopasnosti* [Theoretical Foundations of Security System Engineering]. Moscow, GNTB «Bezopasnost'» Publ., 1996. 424 p. [in Russian].
3. Mel'nikova D.A., Yagovkin G.N. *Osnovopolagayushchie printsipy obespecheniya bezopasnosti cheloveka pri postroenii sistemy upravleniya professional'nymi riskami* [The Fundamental Principles of Human Security in the Construction of Professional Risk Management]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti – Bezopasnost' Zhiznedeatel'nosti*, 2015, No. 8, pp. 9-13. [in Russian].

4. Gillett B. *Introduction to Operations Research: a Computer-Oriented Algorithmic Approach*. New York, Mc Grow hill Inc, 1976. 386 p.

5. Porter U. *Sovremennye osnovaniya obshchei teorii sistem* [Modern Foundations of General Systems Theory]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 556 p. [in Russian].

### **Сведения об авторах**

#### **About the authors**

Абросимова Виктория Эдуардовна, магистрант кафедры «Трубопроводный транспорт», СамГТУ, г. Самара, Российская Федерация

Victoria E. Abrosimova, Undergraduate Student of Pipeline Transport Department, SamSTU, Samara, Russian Federation

e-mail: kino1995@mail.ru

Хачатрян Григор Тигранович, магистрант кафедры «Трубопроводный транспорт», СамГТУ, г. Самара, Российская Федерация

Grigor T. Khachatryan, Undergraduate Student of Pipeline Transport Department, SamSTU, Samara, Russian Federation

e-mail: grrhac@gmail.com

Мельникова Дарья Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизации и управления технологическими процессами», СамГТУ, г. Самара, Российская Федерация

Daria A. Melnikova, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Automation and Control of Technological Processes Department, SamSTU, Samara, Russian Federation

e-mail: melnikovada1988@mail.ru

Яговкин Герман Николаевич, доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», СамГТУ,  
г. Самара, Российская Федерация

German N. Yagovkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor  
of Life Safety Department, SamSTU, Samara, Russian Federation

e-mail: bjd@list.ru