

DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-4-103-109  
УДК 622.276

Н.А. Волков, Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин (Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация)

## МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНОСТЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И СПОСОБЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Nikolay A. Volkov, Dariya A. Melnikova, German N. Yagovkin  
(Samara State Technical University, Samara, Russian Federation)

### METHODS FOR HAZARDS IDENTIFICATION AND PREVENTION AT ENTERPRISE

#### Введение

В статье рассмотрено понятие «опасность на производстве», под которым понимают источник потенциального вреда или ситуацию с потенциальной возможностью нанесения вреда. Подробно рассмотрены методы идентификации опасности, также различные концепции, модели и механизмы. В частности, рассмотрен ситуационный способ, идея которого заключается в целенаправленном выявлении устойчивых связей между выполняемой работой и происшествиями.

#### Цели и задачи:

- провести сравнительный анализ различных методов идентификации с целью определения возможности их использования в различных по типу и виду производствах;
- определить наиболее перспективные методы идентификации опасности на производстве.

#### Результаты

Разработано дерево целей производственной системы, включающее все предпосылки, необходимые и достаточные для предупреждения возникновения опасности.

Сформулированы 4 основные условия, необходимые для исключения возникновения опасности.

#### Background

The article deals with the concept of «hazard in production», it means the potential harm source or the situation with the potential for harm. Hazard identification methods, as well as various concepts, models and mechanisms are considered in detail. In particular, the situational method is considered, its idea lies in the purposeful identification of stable links between the work performed and the incidents.

#### Aims and Objectives:

- to conduct a comparative analysis of various identification methods in order to determine their use possibility in various production types;
- to identify the most promising methods of hazard identification at the enterprise.

#### Results

An objective tree of the production system has been developed, including all the necessary and sufficient preconditions for preventing the occurrence of a hazard.

4 basic conditions are formulated to eliminate the danger.

**Ключевые слова:** опасность, потоко-распределение, терминальный узел, вероятностно-статистические методы, ситуационный способ, травмирование

**Key words:** danger, load flow, terminal node, statistical technology, situational expedient, traumatizing

Ключевым вопросом обеспечения промышленной безопасности является идентификация опасности. Под опасностью на производстве понимают источник потенциального вреда или ситуацию с потенциальной возможностью нанесения вреда. Она возникает при освобождении накопленных или получаемых энергетических потенциалов при реализации всякого производственного процесса. Энтропия любой системы обратно пропорциональна величине накопленной в ней энергии, т.е. той, которая способна к дальнейшим превращениям. Она является мерой вероятности пребывания системы в данном состоянии, что отражает тенденцию большого числа хаотически движущихся частиц к самопроизвольному переходу из состояний менее вероятных в более вероятные. Любая физическая система при переходе из одного состояния в другое имеет очень большую энтропию, т.е. неустойчива, и поэтому опасна.

В общем случае оценить опасность можно следующим образом.

Опасность, связанную с неопределенностью  $H$ , характеризует скорость ее изменения  $V_j$ :

$$V_j = \frac{dH}{dt},$$

где  $t$  - промежуток времени изменения энтропии.

Более точной характеристикой является отношение скорости изменения энтропии к ее остаточной величине  $f_j$ :

$$f_j = \frac{V_j}{H_0}.$$

Усреднив  $f_j(t)$  за промежуток времени  $T$ , получаем интегральный критерий  $f$ :

$$f = \int_0^T f_j(t) dt,$$

который учитывает основные показатели энтропии: скорость изменения и величину после изменения за установленный промежуток времени.

При выяснении и сущности опасности необходимо исходить из принципа, что явление есть результат наличия различных факторов и противоречий.

Общей чертой появления опасности является возникновение нескольких предпосылок, образующих в совокупности причинную цепь следующего вида:

- ошибка человека, отказ технологического оборудования, недопустимое внешнее воздействие на людей или оборудование;
- несвоевременные или неправильные ответные действия работающего и (или) автоматизированной системы управления технологическим процессом, чаще всего вызванные отсутствием различных видов контроля за производством работ.

При индикации опасности применяется значительное количество методов, при этом используются различные концепции, модели и механизмы, одним из них является представление о потенциальной предрасположенности к происшествиям и профзаболеваниям отдельных людей, работ или типов технологического оборудования.

По мнению ряда авторов, хорошо зарекомендовал себя *ситуационный способ*, заключающийся в целенаправленном выявлении устойчивых связей между выполняемой работой и происшествиями, составлении классификаторов потенциально-опасных ситуаций с перечнями предпосылок к ним [1]. При его использовании изучают как можно

большее число опасных ситуаций, оценивают необходимость и целесообразность конкретных действий в создавшихся условиях, анализируют на этой основе качество принятой технологии работ, учитывают объективные способности человека к прогнозированию последствий его действий.

В процессе анализа условий появления потенциально опасных ситуаций и возможности перерастания их в происшествия иногда руководствуются перечнями, включающими источники опасности и связанные с ними события и процессы. Примерами таких источников являются опасные производственные объекты.

Оценку частоты возникновения опасных ситуаций и происшествий на производстве при эксплуатации техники проводят обычно на качественном или количественном уровнях.

Первый используется для предварительной оценки, при условии проведения в последующем количественных расчетов. Более того, существует принципиальная возможность объединения количественных и качественных оценок с помощью теории нечетких множеств [2].

Необходимость в нечетком подходе к исследованию опасности может быть подтверждена объективной сложностью производственной деятельности человека и специфичностью той информации, которой руководствуются. Указанные соображения обусловлены главным образом наличием неопределенностей, связанных с относительной истинностью его представления об окружающей действительности, и использованием больших объемов некорректно представленной информации, а также особенностями ее восприятия и интерпретации. По этим причинам неопределенность, присущая поведению человека, не может быть сведена лишь к случайности и точно описана традиционными вероятностно-статистическими методами [3].

Возможность нечеткого подхода к оценке опасностей систем, включающих человека, обоснована профессором Л.А. Заде. Он исходил из того, что по своей сути обычные количественные методы непригодны для гуманистических систем и других систем,

сравнимых с ними по сложности. Это вытекает из сформулированного им принципа несовместимости, утверждающего, что чем сложнее система, тем меньше можно дать точные и в то же время имеющие практическое значение суждения о ее поведении. Для систем, сложность которых превосходит некоторый порог, точность и практическая ценность информации становятся почти исключаящими друг друга характеристиками.

Необходимость применения приближенных количественных методов оценки производственной деятельности человека, которая служит источником опасности замены объективно точных вероятностей субъективными оценками и использования многозначной логики, обоснована Г.М. Заракским [4]. Л.А. Заде заложил основы теории нечетких множеств и *теории возможностей*, оперирующих с любыми типами неопределенностей и включающих в себя в качестве частного случая теорию вероятностей.

Ограниченные возможности экспертных методов приближенной качественной оценки опасности производственной деятельности человека привели к необходимости введения количественных показателей и соответствующих способов их расчета. Известные в настоящее время методы априорной и апостериорной количественных оценок опасности обычно основываются на частных и интегральных показателях. Самое широкое применение нашли статистические коэффициенты частоты и тяжести травматизма, рассчитываемые делением числа несчастных случаев с людьми и величины трудопотерь на количество работающих и происшествий соответственно.

Развитием методов количественной оценки опасности является разработка комплексных и интегральных показателей, рассчитываемых методами математической статистики. При этом используются показатели опасности и санитарно-гигиенических условий труда. Учитываемыми в них параметрами являются трудопотери от несчастных случаев на производстве, количество микротравм, продолжительность рассматриваемого периода времени, количество работающих и рабочих мест, а также классы условий труда

по шуму, освещенности, состоянию воздушной среды, санитарному состоянию и обеспеченности работающих социально-бытовыми помещениями [5].

Известны также способы вычисления интегральных средневзвешенных показателей опасности на основе подсчета количества опасных и вредных факторов на рабочем месте и введения соответствующих весовых коэффициентов. Методики расчета математического ожидания числа работающих, отсутствующих на производстве по причине травмирования, обычно учитывают интенсивности их вывода и ввода в строй, общее число работающих и вероятность безопасной работы человека [6].

Среди подходов, предлагаемых для количественной оценки опасности, обычно отмечается достоинство и других коэффициентов, состоящее в простоте вычислений. Однако им присущ ряд *недостатков*, сдерживающих их использование для нужд совершенствования оценки опасности производственных процессов, т.к. часто в этом случае отсутствует физический смысл. Широкое использование комплексных и интегральных показателей сдерживается по причине сложности обоснования значений весовых коэффициентов, практической невозможности учета их изменения и обеспечения взаимной независимости [7].

Свободными от ряда перечисленных недостатков являются те подходы к оценке опасности, которые основаны на теории вероятностей и анализе случайных процессов. Представление опасностей в виде потока случайных событий позволяет разрабатывать модели марковских процессов и оценивать значения интересующих вероятностей. Однако излишнее упрощение известных моделей (использование всего двух-трех состояний) является сильным допущением об их адекватности, в то время как учет большего числа реально возможных состояний затруднен из-за сложности их четкого разграничения и отсутствия необходимых исходных данных.

В работе [8] предложен метод расчета опасности систем потокораспределения, включающих терминальные узлы и коммуникации с установленными на них средствами

управления потоком. Введя допущение о существовании допустимых и опасных значений параметров исследуемого технологического процесса, авторы метода оценивают вероятность травмирования работающих как параметрический отказ системы. Известны и другие подходы к оценке вероятностных показателей опасности, учитывающие возможность отклонения характеристик производственного процесса от заданных.

Оценка уровня опасности технологических процессов по информационным показателям (удельной энтропии и негэнтропии) использована в работе [9]. Основными параметрами исследуемых процессов, по мнению авторов, являются эффективность управления обеспечением безопасности и сопротивление производственной системы повышению ее уровня. Значения таких параметров определяются путем экспертного опроса и хронометражных наблюдений.

Важное место в современных исследованиях по оценке опасности занимают подходы, представляющие процесс возникновения происшествий как модель ветвящейся структуры. Наиболее эффективны они для применения на опасных производственных объектах [10]. Основными достоинствами этого метода являются наглядность и логическая упорядоченность, возможность сколь угодно детализации рассматриваемого процесса, сравнительная простота математического и статистического моделирования.

В последние годы широко применяются различные экономические методы оценки, основанные на сравнении затрат на устранение опасностей и ущерба, возникших по результатам происшествий [11]. Этот метод наиболее эффективен для опасных производственных объектов, связанных с производством и транспортом энергетических ресурсов.

Проведенный выше анализ показывает, что современное состояние оценки опасности характеризуется *незавершенностью* создания общей теории, возникновением и широким привлечением самых разнообразных методов, позаимствованных главным образом из технических наук, которые при условии их некоторой модификации могут

оказаться приемлемыми и для оценки опасностей в производственной деятельности человека. Однако попытки внедрения этих методов в практику часто показывают их несовершенство как по причинам объективной сложности, так и по субъективным соображениям.

Создавшееся по объективным и субъективным причинам положение свидетельствует о необходимости дальнейших исследований в направлении *разработки единой методологии*. Для этого необходимо:

- формулирование концептуальных представлений о природе возникновения опасностей;
- уточнение на этой основе объекта и предмета исследований;

- определение основополагающих принципов и методов оценки опасностей.

Установление опасностей осуществляется в процессе их идентификации, задачей которой является удержание выходных характеристик производственных систем.

Для достижения данной цели управляющему органу необходима информация о задачах  $I(t)$ , условиях  $S(t)$  и результативности  $E(I)$  идентификации опасности, на основе которой и с помощью соответствующих средств могут вырабатываться корректирующие воздействия  $K(I)$ .

Основные цели и задачи предупреждения возникновения опасностей показаны на рисунке 1.

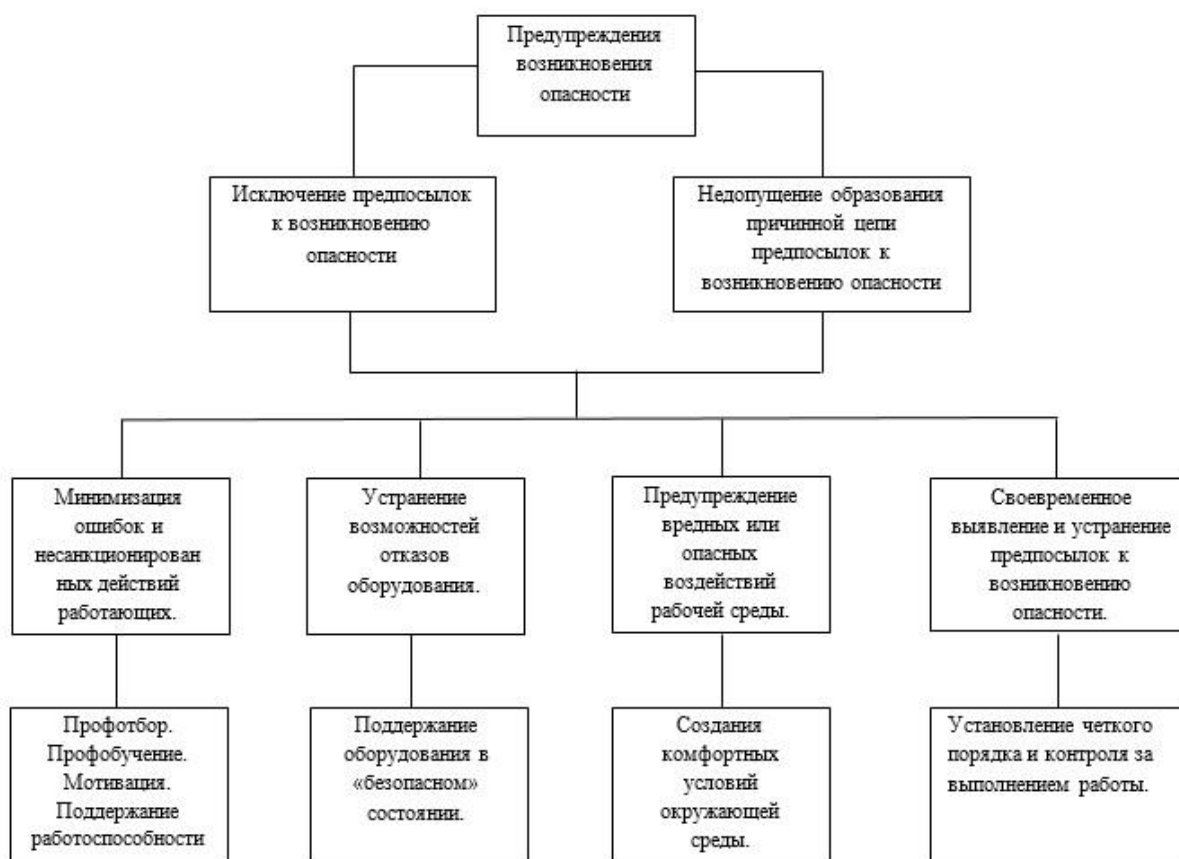


Рисунок 1. Дерево целей производственной системы для исключения предпосылок возникновения опасности

Диаграмма (рисунок 1) представляет собой дерево целей деятельности производственной системы, включающее все предпосылки, необходимые и достаточные для предупреждения возникновения опасности.

*Первым условием* предупреждения возникновения опасности является исключение опасных и ошибочных действий со стороны работающих в нормальных и аварийных ситуациях.

*Второе условие* состоит в заблаговременном приведении и непрерывном поддержании оборудования в установленном требованиями безопасности состоянии.

*Третьим* из основных принципов предупреждения возникновения опасности является обеспечение на рабочих местах таких

условий, которые не допускают возникновения опасных и критических ситуаций или их перерастания в происшествия.

*Четвертое* условие предупреждения опасности состоит в строгом соблюдении порядка проведения работ, а также контроля за действиями работающих и состоянием оборудования.

#### Вывод

Разработано дерево целей производственной системы, включающее все предпосылки, необходимые и достаточные для предупреждения возникновения опасности.

Сформулированы 4 основные условия, необходимые для исключения возникновения опасности.

#### Список литературы

1. Мельникова Д.А., Яговкин Г.Н. Теоретические аспекты формирования систем управления профессиональным риском на опасных производственных объектах. Самара: ООО «Медиакнига», 2014. 120 с.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию решений. М.: Мир, 1976. 196 с.
3. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. М.: МИР, 1974. № 7. С. 5-49.
4. Заракровский Г.М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. М.: Наука, 1967. 149 с.
5. Кривова М.А., Яговкин Н.Г. Методы оценки риска при обеспечении безопасности жизнедеятельности. Проблемы и пути развития Российской провинции. Пенза: РИОПГСХА, 2011. Ч. 4: Качество жизни населения и экология. С. 73-90.
6. Бубнов М.В. Управление охраной труда. Задачи обеспечения экономической эффективности // Охрана труда: Инф.-анал. бюл. Самара, 2008. Вып. 3. С. 80-90.
7. Яговкин Н.Г., Кривова М.А., Мельникова Д.А. Оценка профессионального риска опасного производственного объекта: балльный метод экспертных оценок // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 9 (33). С. 39-43.
8. Ронжин О.В. Информационные методы исследования эргатических систем. М.: Энергия, 1976. 208 с.
9. Алекина Е.В., Мельникова Д.А., Яговкин Г.Н. Теоретические основы формирования

#### References

1. Mel'nikova D.A., Yagovkin G.N. *Teoreticheskie aspekty formirovaniya sistem upravleniya professional'nym riskom na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektakh* [Theoretical Aspects of the Formation of Professional Risk Management Systems at Hazardous Production Facilities]. Samara, ООО «Mediakniga», 2014. 120 p. [in Russian].
2. Zade L.A. *Ponyatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primenenie k prinyatiyu reshenii* [The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Decision Making]. Moscow, Mir, 1976, 196 p. [in Russian].
3. Zade L.A. *Osnovy novogo podkhoda k analizu slozhnykh sistem i protsessov prinyatiya reshenii* [Basics of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision-Making Processes]. *Matematika segodnya - Mathematics Today*, Moscow, MIR, 1974, No. 7, pp. 5-49. [in Russian].
4. Zarakovskii G.M. *Psikhofiziologicheskii analiz trudovoi deyatel'nosti* [Psychophysiological Analysis of Work Activity]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 149 p. [in Russian].
5. Krivova M.A., Yagovkin N.G. *Metody otsenki riska pri obespechenii bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti. Problemy i puti razvitiya Rossiiskoi provintsii* [Methods of Risk Assessment in Providing Life Safety. Problems and Ways of the Russian Province Development]. Penza, RIOPGSKhA Publ., 2011. Ch. 4: Kachestvo zhizni naseleniya i ekologiya [Population Life Quality and Ecology]. pp. 73-90. [in Russian].
6. Bubnov M.V. *Upravlenie okhranoi truda. Zadachi obespecheniya ekonomicheskoi effektivnosti* [Management of Labor Protection. Tasks of Ensuring Economic Efficiency]. *Okhrana truda: Inf.-anal. byul. - Labor Protection: Inf.-Anal. Bul.*, Samara, 2008, Issue 3, pp. 80-90. [in Russian].

интегративной системы управления безопасностью производства / Под. общ. ред. Г.Н. Яговкина. Самара: Сам. гос. техн. ун-т, 2018. 281 с.

10. Фрезе Т.Ю. Экономика безопасности труда. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. 176 с.

11. Батищев В.И., Яговкин Н.Г. Методология поддержки принятия решений при управлении интегративными крупномасштабными производственными системами. Самара: Самарский научный центр Российской Академии наук, 2008. 288 с.

7. Yagovkin N.G., Krivova M.A., Mel'nikova D.A. Otsenka professional'nogo riska opasnogo proizvodstvennogo ob'ekta: bal'nyi metod ekspertnykh otsenok [Assessment of the Professional Risk of a Hazardous Production Facility: a Point Method of Expert Assessments]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti - Life Safety*, 2013, No. 9 (33), pp. 39-43. [in Russian].

8. Ronzhin O.V. *Informatsionnye metody issledovaniya ergaticheskikh sistem* [Information Methods for the Study of Ergatic Systems]. Moscow, Energiya Publ., 1976. 208 p. [in Russian].

9. Alekina E.V., Mel'nikova D.A., Yagovkin G.N. *Teoreticheskie osnovy formirovaniya integrativnoi sistemy upravleniya bezopasnost'yu proizvodstva* [Theoretical Foundations for the Formation of an Integrative Safety Management System for Production]. Samara, Sam. gos. tekhn. un-t, 2018. 281 p. [in Russian].

10. Freze T.Yu. *Ekonomika bezopasnosti truda* [Labor Safety Economics]. Togliatti, TGU Publ., 2012. 176 p. [in Russian].

11. Batishchev V.I., Yagovkin N.G. *Metodologiya podderzhki prinyatiya reshenii pri upravlenii integrativnymi krupnomasshtabnymi proizvodstvennymi sistemami* [Methodology for Decision Support in the Management of Integrative Large-Scale Production Systems]. Samara, Samarskii nauchnyi tsentr Rossiiskoi Akademii nauk, 2008. 288 p. [in Russian].

#### Авторы

• Волков Николай Александрович  
Самарский государственный технический университет  
Аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности»  
Российская Федерация, 443100, г. Самара  
ул. Молодогвардейская, 244  
тел. (846) 332-56-47

• Мельникова Дарья Александровна, канд. техн. наук  
Самарский государственный технический университет  
Доцент кафедры «Автоматизации и управления технологическими процессами»  
Российская Федерация, 443100, г. Самара  
ул. Молодогвардейская, 244  
e-mail: melnikovada1988@mail.ru

• Яговкин Герман Николаевич, д-р техн. наук, профессор  
Самарский государственный технический университет  
Профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности»  
Российская Федерация, 443100, г. Самара  
ул. Молодогвардейская, 244  
тел. (846) 332-56-47

#### The Authors

• Volkov Nikolay A.  
Samara State Technical University  
Post-graduate Student of Life Safety Department  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100,  
Russian Federation  
tel: (846) 332-56-47

• Melnikova Dariya A., Candidate of Engineering Sciences  
Samara State Technical University  
Assistant Professor of Automation and Control of Technological Processes Department  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100,  
Russian Federation  
e-mail: melnikovada1988@mail.ru

• Yagovkin German N., Doctor of Engineering Sciences, Professor  
Samara State Technical University  
Professor of Life Safety Department  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100,  
Russian Federation  
tel: (846) 332-56-47