

*Д.А. Мельникова*, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности»  
Самарский государственный технический университет, Самара (Россия)

*Т.Ю. Фрезе*, кандидат экономических наук, доцент,  
доцент кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью»

*Н.Г. Яговкин*, доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью»  
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

**Ключевые слова:** управление; охрана труда; промышленная безопасность; профессиональные риски; экспертные оценки; корреляционный анализ.

**Аннотация:** Разработана методика, позволяющая оценить влияние среды на условия формирования и уровень профессионального риска в организации и на этой основе управлять уровнем травматизма и аварийности.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленного производства предъявляет повышенные требования к предотвращению травматизма и аварий. Эффективным средством их профилактики является система управления профессиональными рисками (СУПР) которая является частью системы управления охраной труда и промышленной безопасности. Она включает организационную структуру, деятельность по планированию, распределению ответственности, процедуры, процессы и ресурсы для разработки, внедрения, достижения целей, анализа результативности политики и мероприятий в области охраны труда и промышленной безопасности, и т.п. Ею предусматривается: планирование показателей, определяющих условия охраны труда и промышленной безопасности; контроль уровня показателей по этим направлениям деятельности; возможность осуществления корректирующих и предупредительных действий в зависимости от изменения внешней и внутренней среды; внутренний аудит системы управления профессиональными рисками с тем, чтобы обеспечивать соответствие ее принятой политике и последовательное совершенствование; возможность адаптации к изменяющимся обстоятельствам; интеграцию в общую систему управления (менеджмента) организации в виде отдельной подсистемы.

Корректировка управленческих решений, которые во многом определяют эффективность деятельности в СУПР состоит из следующих этапов: анализ ситуаций и информации по охране труда и промышленной безопасности для выявления задач, требующих решения в связи с поставленными целями; подготовка и обоснование корректирующих решений с учетом состояния материальных, денежных и трудовых ресурсов; корректировка функций управления между структурными подразделениями и исполнителями; доведение корректирующих решений до исполнителей; организация контроля за ходом выполнения корректирующих решений; оценка результатов и эффективности от реализации решений; обобщение и распространение результатов совершенствования опыта по улучшению состояния охраны труда и промышленной безопасности.

Эффективность корректирующих решений в значительной степени зависит от факторов, влияющих на формирование профессиональных рисков, вытекающих из прошлых, настоящих или планируемых видов деятельности организации, с тем, чтобы определить

наиболее существенные воздействия на обеспечение безопасных условий труда (рис. 1).

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В случае изменения внешней и внутренней среды, выявления значимости факторов при формировании управляющего воздействия производится путем экспертных оценок с использованием метода попарных сравнений [1]. Результаты сравнения оформляются в виде таблицы 1, имеющей вид квадратной матрицы  $\|B\|$ .

Оценка результатов парных сравнений  $B_{ij}$  производится на основе предлагаемых в таблице 2 шкал качественных и количественных оценок предпочтительности элементов по отношению друг к другу.

Весовые коэффициенты элементов представляются в виде вектора  $N = \langle v_1, v_2, \dots, v_L \rangle$ , который удовлетворяет уравнению:

$$\|C\|N = L_{max} \cdot N, \quad (1)$$

где  $\|C\| = \|B\| \cdot \|A\|$  – матрица значений парных сравнений коэффициентов значимости элементов системы;  $\|A\|$  – матрица, сопряженная с  $\|B\|$  (их элементы связаны соотношением  $a_{ij} = b_{ji}$ );

$L_{max}$  – наибольшее собственное значение матрицы  $\|C\|$ .

Алгоритм итерационной процедуры состоит в следующем [1].

1. Составление матрицы  $\|A\|$ , сопряженной с  $\|B\|$ .
2. Вычисление матрицы  $\|C\| = \|B\| \cdot \|A\|$ .
3. Составление характеристической матрицы

$$\|C - L\|E\| \cdot \|N\| = 0,$$

где  $L$  – собственное значение матрицы  $\|C\|$ , а  $\|E\|$  – единичная матрица.

4. Решение характеристического уравнения на основе рекуррентной процедуры

$$\|N(k)\| = \|C\| \cdot \|N(k-1)\|,$$

где  $\|N(0)\| = \|E\|$ ,  $\|N(k)\| / \|N(k-1)\| < \Delta$  – условие окончания итерационного процесса, а  $\Delta$  – требуемая точность вычислений.

Вектор  $\|N(k)\| = \langle v_1, v_2, \dots, v_L \rangle$  представляет собой искомые значимости факторов.

Чаще всего влияние каждого фактора оценивается с использованием методов корреляционного анализа [2].

Исследуется зависимость между двумя величинами ( $m=2$ ), то есть проводится однофакторный

корреляционный анализ. Пусть исследуемый фактор обозначен как  $x_1$ , а результат как  $x_2$ . При этом производится  $n$  наблюдений, в результате которых получается  $n$  двоек  $\langle x_{1i}, x_{2i} \rangle, [i=1(1)n]$ .

Для определения наличия связи между  $x_1$  и  $x_2$  в соответствии с [2] необходимо вычислить следующие величины:

$$M_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{1i},$$

$$M_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{2i},$$

$$M = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij},$$

$$D_0 = \frac{1}{mn-1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - M)^2,$$

$$D_{MG} = \frac{n}{m-1} \sum_{i=1}^m (M_i - M)^2,$$

$$D_{BG} = \frac{1}{mn-m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - M_i)^2,$$

где

$M_1$  – математическое ожидание величины  $x_1$ ,

$M_2$  – математическое ожидание величины  $x_2$ ,

$M$  – общее математическое ожидание,

$D_0$  – общая дисперсия,

$D_{MG}$  – межгрупповая дисперсия,

$D_{BG}$  – внутригрупповая дисперсия.

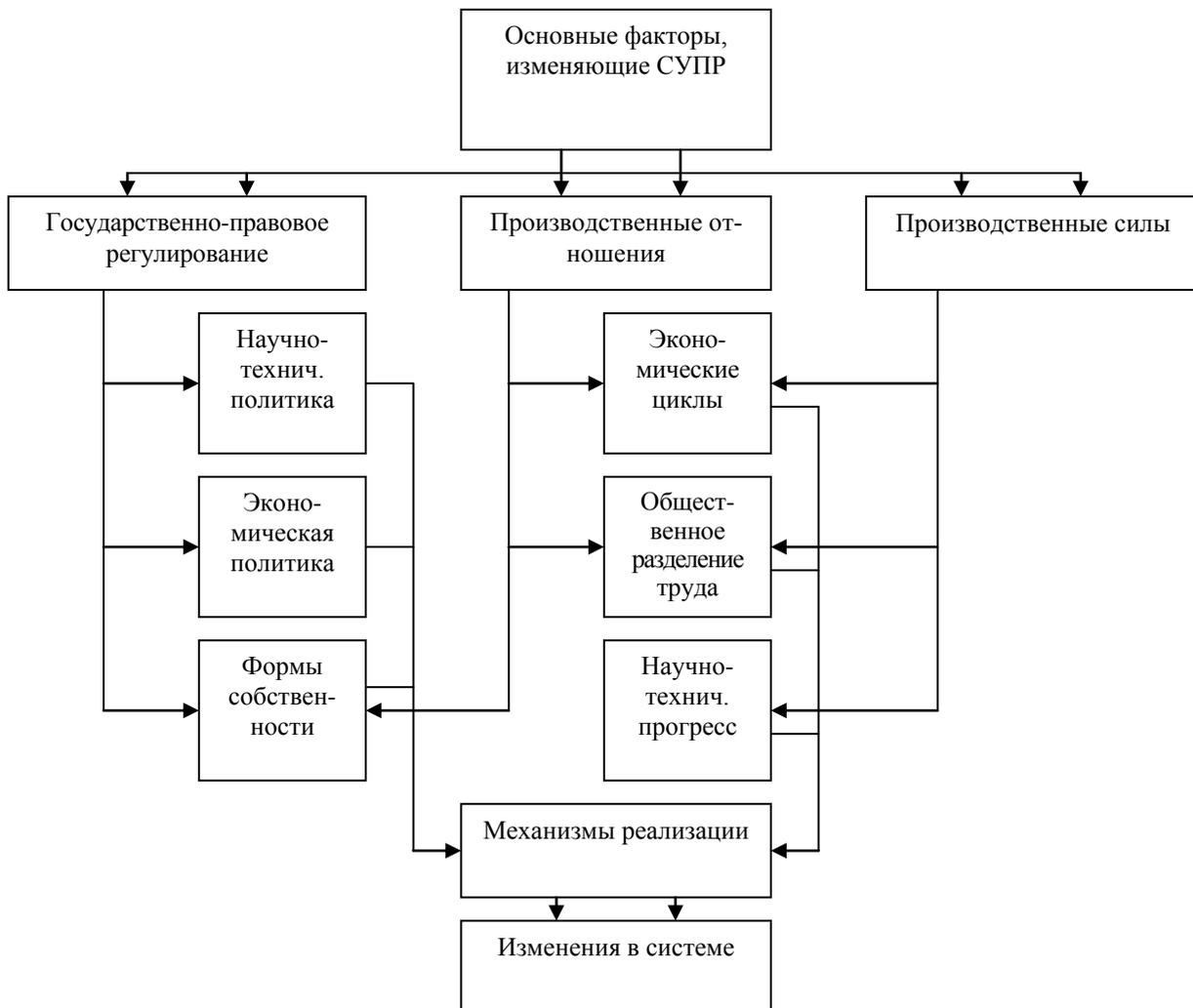


Рис. 1. Модель корректировки эффективности СУПР

Таблица 1. Матрица результатов попарных сравнений

№ п.п.	Факторы	Факторы						
		1	2	...	<i>j</i>	...	...	<i>L</i>
1		$B_{11}$	$B_{12}$	...	$B_{1j}$	...	...	$B_{1L}$
2		$B_{21}$	$B_{22}$	...	$B_{2j}$	...	...	$B_{2L}$
...		...	...	...	...	...	...	...
<i>j</i>		$B_{j1}$	$B_{j2}$	...	$B_{jj}$	...	...	$B_{jL}$
...		...	...	...	...	...	...	...
<i>L</i>		$B_{L1}$	$B_{L2}$	...	$B_{Lj}$	...	...	$B_{LL}$

Таблица 2. Шкалы качественных и количественных оценок предпочтительности элементов

Качественная оценка степени важности показателя	Определение	Объяснение	Количественная оценка результата сравнения
A	Одинаковая значимость	Два сравниваемых показателя вносят одинаковый вклад в решение задачи	0,4...0,6
B	Некоторое преобладание значимости первого из сравниваемых показателей над вторым (слабая значимость)	Опыт и суждение дают легкое предпочтение первому из сравниваемых показателей над вторым	0,6...0,7
C	Обратное некоторое преобладание (обратная слабая значимость). Небольшое преобладание значимости второго показателя перед первым	Опыт и суждение дают легкое предпочтение второму из сравниваемых показателей перед первым	0,3...0,4
D	Сильная значимость или очевидная значимость первого перед вторым. Превосходство практически явно	Предпочтение первого из сравниваемых показателей перед вторым является сильным	0,7...0,9
E	Обратная сильная значимость. Превосходство второго над первым практически явно	Предпочтение второго из сравниваемых показателей перед первым является явным	0,1...0,3
F	Абсолютная значимость. Предпочтение первого из сравниваемых показателей перед вторым абсолютно	Свидетельство в пользу первого из сравниваемых показателей в высшей степени убедительно	0,9...1,0
G	Обратная абсолютная значимость. Предпочтение второго перед первым абсолютно	Свидетельство в пользу второго из сравниваемых показателей в высшей степени убедительно	0,0...0,1

Для проверки отсутствия функциональной связи между  $x_1$  и  $x_2$  проверяется гипотеза  $H_{01}: D_{MG} = D_0$  [2].

Показатель согласованности данной гипотезы будет равен

$$u_1 = \frac{D_0}{D_{MG}}$$

Так как он является отношением дисперсий, то подчинен закону распределения Фишера с  $[(m-1)(nm-m)]$  степенями свободы. Критическая граница  $u_{\xi 1}$  для уровня значимости  $\xi = 0,95$  определяется по [3].

Если  $u_1 < u_{\xi 1}$ , то гипотеза  $H_{01}$  отвергается, то есть связь между  $x_1$  и  $x_2$  не функциональная, а стохастическая.

Для оценки существенности влияния  $x_1$  на  $x_2$  используется показатель  $u_2$  [2]:

$$u_2 = \frac{D_{MG}}{D_{BG}}$$

Критическая граница  $u_{\xi 2}$  данного показателя при уровне значимости  $\xi = 0,95$  определяется по [3].

Если  $u_2 < u_{\xi 2}$ , то связь между  $x_1$  и  $x_2$  существенна [3].

Для оценивания величины этой связи вычисляется коэффициент корреляции  $r$  [2]:

$$r = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{1i} - M_1)(x_{2i} - M_2)}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{1i} - M_1)^2} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{2i} - M_2)^2}}$$

Определение коэффициента корреляции производится с помощью показателя [2]:

$$u = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}},$$

подчиняющегося закону распределения Стьюдента с  $(n-2)$  степенями свободы.

Критическая граница  $u_{\xi}$  этого показателя для уровня значимости  $\xi = 0,95$  определяется по [3]. Если  $|u| > u_{\xi}$ , то коэффициент корреляции является значимым.

Для оценки степени близости связи  $x_1$  и  $x_2$  к линейной вычисляется корреляционное отношение [2]:

$$\eta = \frac{\sqrt{D_{MГ}}}{\sqrt{D_0}}.$$

Если  $\eta \neq |r|$ , то можно сделать вывод о том, что эта связь нелинейная.

## SAVING THE EFFECTIVENESS OF THE ORGANIZATION PROFESSIONAL RISK MANAGEMENT FOR STATUS CHANGES EXTERNAL AND INTERNAL ENVIRONMENT

© 2014

*D.A. Melnikova*, postgraduate student of the chair «Life safety»

*Samara technical State University, Samara (Russia)*

*T.Y. Freze*, candidate of economical sciences,

associate professor of the chair «Management of industrial and environmental safety»

*N.G. Yagovkin*, doctor of technical sciences, professor,

professor of the chair «Management of industrial and environmental safety»

*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

*Keywords:* management; health and safety; industrial safety; occupational risks; expert assessments; correlation analysis.

*Annotation:* The technique allows to assess the influence of the environment on the formation conditions and the level of occupational exposure in the organization and on this basis to control the level of injuries and accidents.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика прошла апробацию на ряде предприятий Самарской области. Оценивалось влияние факторов среды на уровень профессионального риска по результатам аттестации рабочих мест и производственного контроля.

Разработанная методика позволяет оценивать влияние факторов на условия среды охраны труда в организации и промышленной безопасности, что позволяет производить научно-обоснованные корректированные мероприятия с целью повышения их эффективности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батищев В.И., Яговкин Н.Г. Методология поддержки принятия решений при управлении интегративными крупномасштабными производственными системами. – Самара: Российская Академия наук, Самарский научный центр, 2008, 288 с.
2. Статистические методы обработки результатов измерений. Под общей редакцией профессора Р.М.Юсупова. – Изд-во МО СССР, 1984, 310 с.
3. Справочное пособие по прикладной математике. – Изд-во МО СССР, 1975, 97 с.