

УДК 662.959.63

Обоснование математической модели решения задачи оценки рисков безопасности труда на предприятиях машиностроения

А. А. Мартыненко

(Донской государственный технический университет),

В. В. Новиков

(Кубанский государственный технический университет)

Рассмотрены вопросы обоснования математической модели и решения задачи оценки рисков безопасности труда на предприятиях машиностроения. В результате выявлены этапы, на которых возможно воздействие на работников опасных и вредных факторов, а так же условий, которые могут привести к гибели, травмированию или заболеванию работников. Ранжируя риски по подразделениям и по времени можно заблаговременно определить места (подразделения) и опасные факторы, запланировать меры предупредительно-профилактического характера, преследующие цель снижения риска гибели, травмирования или заболевания работников на предприятиях машиностроения.

Ключевые слова: математическая модель, математическое ожидание, вероятность возникновения происшествия, риск, случайное событие.

Введение. В общем случае показатель риска определяется как произведение вероятности возникновения происшествия за определённый период деятельности на математическое ожидание вреда от одного происшествия.

$$R(t) = Q(t) \cdot Y, \quad (1)$$

где, $R(t)$ — показатель риска деятельности; $Q(t)$ — вероятность возникновения происшествия за период времени выполнения процесса t ; Y — математическое ожидание вреда от одного происшествия.

Первым требованием, которое выдвигается к выбираемой и модифицированной математической модели, будет её адаптируемость к существующей системе оценки состояния безопасности труда, к накопленным статистическим данным по характеристике её составляющих на предприятиях машиностроения.

Одной из наиболее часто употребляемых характеристик опасности является индивидуальный риск — «вероятность (частота) поражения отдельного индивида в результате воздействия исследуемых факторов опасности при реализации неблагоприятного случайного события» [1—3]. Точечная статистическая оценка индивидуального риска (за 1 год) может быть получена по формуле:

$$RI = \frac{P}{N}, \quad (2)$$

где P — число смертей (травм, заболеваний) по рассматриваемой причине; N — численность людей рассматриваемого предприятия.

Поэтому совершенно обоснованно основными количественными показателями состояния безопасности труда являются количество погибших, травмированных, заболевших, приходящихся на сто человек от общей численности работников предприятия.

В этом случае индивидуальный риск несчастного случая i -го типа на производстве

$$R = \frac{P_i}{N} \cdot 10^{-3}, \frac{1}{\text{год}}, \quad (3)$$

где P_i — количество несчастных случаев i -го типа на производстве; N — количество людей на производстве.

Общий риск RG_i несчастного случая i -го типа для выделенной в совокупности N группы m людей рассчитывается по формуле:

$$RG_i = \frac{P_i}{N} m \cdot 10^{-3}, \frac{1}{\text{год}} \quad (4)$$

Но формулы (3), (4) годятся для оценки рисков несчастных случаев с гибелью людей при математическом ожидании ущерба — смерти одного человека. В случае оценки рисков травмирования или заболевания формула трансформируется в следующую:

$$RI_i = \frac{P_i}{N} \cdot 10^{-3} \cdot \bar{T}_{pi}, \frac{1}{\text{год}} \quad (5)$$

где $\bar{T}_{pi}$ — средняя продолжительность трудовых потерь на одного травмированного (заболевшего) по травмам (заболеваниям) i -го типа в течение года.

В законодательстве по охране труда существует понятие «риск производственного травматизма», под которым понимают значение:

$$R = R_c + R_{и} + R_T + R_{MT} \quad (6)$$

где R — значение риска производственного травматизма; R_c — риск смерти (несчастных случаев со смертельным исходом); $R_{и}$ — риск несчастных случаев, приводящих к инвалидности (устойчивой потере трудоспособности); R_T — риск травм без устойчивой потери трудоспособности; R_{MT} — риск микротравм.

В оценку безопасности труда следует ввести понятие риска служебного травматизма в повседневной деятельности.

Поскольку принято характеризовать состояние безопасности труда количеством погибших, травмированных и заболевших от воздействия негативного фактора, приходящихся на сто человек из общей численности в течение одного года, то величина индивидуального риска наступления гибели, увечья или заболевания от воздействия конкретного i -го негативного фактора и будет равна R_i .

Введение понятия индивидуального и группового (общего) риска персонала подразделений, математические средства их количественного определения дают возможность предложить пространственно-временную модель распределения рисков в подразделениях в течение года.

Целью и назначением модели может быть поддержка решений руководителей при управлении рисками в обеспечении безопасности на производстве.

Исходными данными для неё являются:

- перечень угроз (опасных факторов), воздействию которых подвергаются люди в течение года;
- группы специалистов подразделения и перечень подразделений, их численный состав, распределение групп специалистов по подразделениям;
- мероприятия повседневной деятельности по поддержанию готовности предприятий и присущие им потенциальные опасные факторы, продолжительность их воздействия;
- сезонное распределение воздействия опасных факторов природного происхождения (первичных и вторичных) в районе дислокации, их продолжительность;
- мероприятия плана подготовки и их распределение во времени;

- статистические данные гибели людей, травматизма и заболеваемости, разделённые по признакам типов опасных факторов (поражения электротоком, отравления, обморожения, транспортные и другие).

Процедуру идентификации опасностей и рисков можно разделить на два этапа: выявление опасностей и рисков, характерных для процесса повседневной деятельности конкретного предприятия; анализ конкретных причин (условий) возникновения неблагоприятных событий и их отрицательных воздействий.

Первый этап предлагает выявление:

- опасных и вредных факторов (легковоспламеняющиеся вещества, сильнодействующие ядовитые вещества, высокое напряжение, высокое давление, электромагнитное излучение, автотранспорт, действующие механизмы открытого типа, нейтральные газы, угарный газ, работы на высоте и в закрытых ёмкостях и другие), воздействующих на людей фактически или потенциально в процессе выполнения обязанностей и выполнения конкретных мероприятий;

- объектов-носителей этих опасностей на территории предприятия и в прилегающих районах, в которых люди выполняют задачи, с указанием степени опасности и границ опасных зон, опасных природных явлений (сильные морозы, высокие температуры, землетрясения, метели и бураны, создающие условия для эпидемий и другие) и возможных в результате их проявления вторичных опасных факторов (обморожения, тепловые удары, несчастные случаи на воде, отравления угарным газом). Блок-схема идентификации опасностей и рисков в деятельности предприятий машиностроения представлена на рисунке 1.

Второй этап начинается с выявления условий (причин), которые могут привести к гибели, травме или заболеванию в случае воздействия опасного фактора.

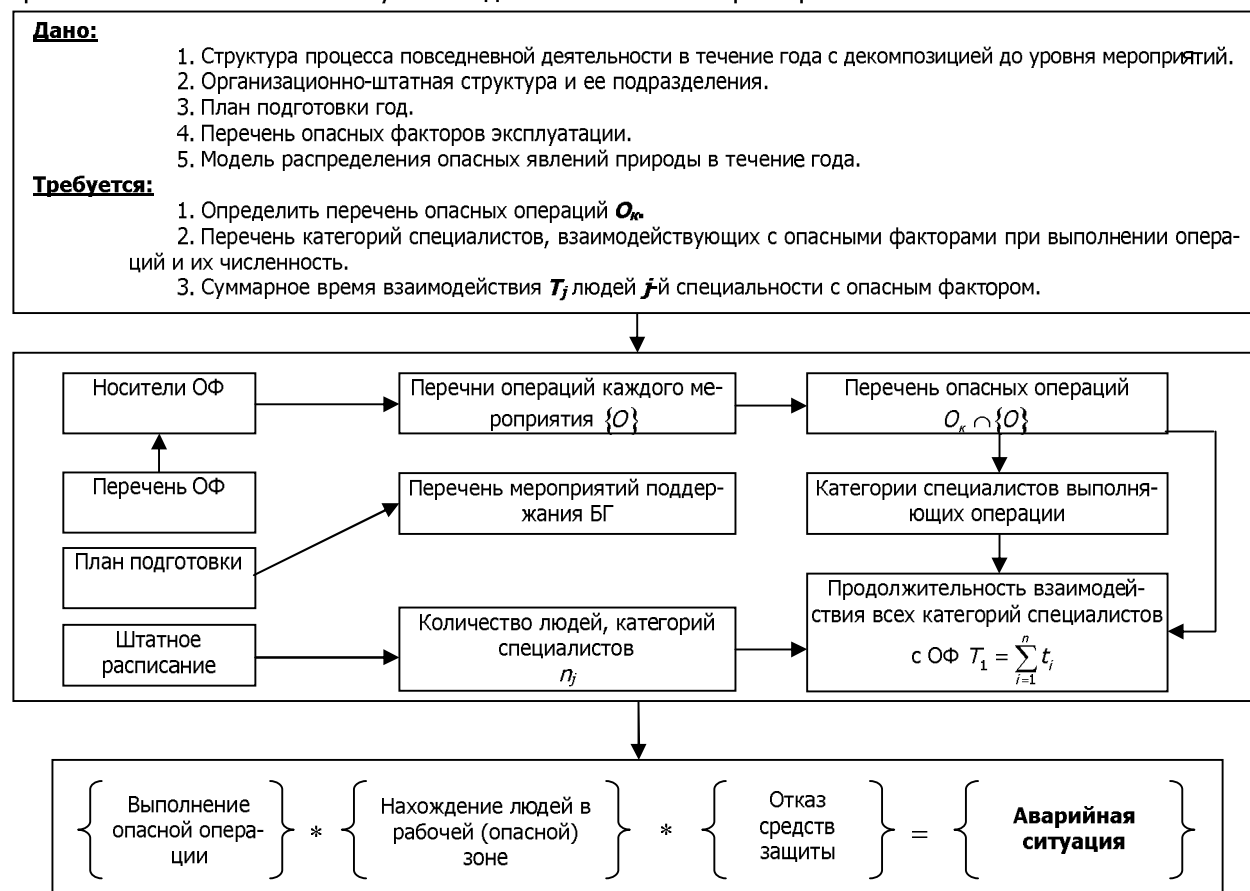


Рис. 1. Блок-схема идентификации опасностей и рисков в деятельности предприятий машиностроения

Они выявляются для каждого опасного фактора в отдельности, но существуют и общие условия для всех факторов:

- выполнение опасной операции;
- наличие людей в рабочей или опасной зоне;
- отказ средств защиты.

Под операцией понимается взаимодействие людей, нормативно-правовых актов (инструкций) и технических средств, направленных на достижение одной из частных целей (решение частной задачи), выполняемого процесса (мероприятия).

Опасность процесса сосредотачивается в тех операциях, в которых организуется требуемое взаимодействие между опасным фактором и человеком, при этом воздействие опасного фактора исключается применением директивно установленного комплекса средств и мер.

Операции, в которых сосредоточена опасность процесса повседневной деятельности (мероприятия), называются потенциально опасными.

Опасной зоной называется зона с границами, нарушение которых путём проникновения внутрь зоны делает возможным воздействие на нарушителя опасного фактора.

Рабочей зоной называется зона с границами, внутри которых находятся люди, выполняющие операцию.

Опасные и рабочие зоны разделяются средствами защиты.

Ситуация, в которой происходит ошибочное снятие либо отказ защиты и опасный фактор попадает в рабочую зону, люди попадают в опасную зону, называется аварийной.

Выводы. В результате выявлены этапы, на которых возможно воздействие на работников опасных и вредных факторов, а так же условий, которые могут привести к гибели, травмированию или заболеванию работников. Ранжируя риски по подразделениям и по времени можно заблаговременно определить места (подразделения) и опасные факторы, запланировать меры предупредительно-профилактического характера, преследующие цель снижения риска гибели, травмирования или заболевания работников на предприятиях машиностроения.

Библиографический список

1. Пуликовский, К. Б. Безопасность России. Анализ рисков и управление безопасностью : методические рекомендации / К. Б. Пуликовский, Н. А. Махутов, С. К. Шойгу ; под общ. ред. Н. А. Махутова. — Москва : МГОФ «Знание», 2008. — 672 с.
2. Белов, П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учебное пособие для студентов вузов / П. Г. Белов. — Москва : Академия, 2003. — 512 с.
3. Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков : учебное пособие для вузов / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. — Москва : Академия, 2007. — 368 с.

Материал поступил в редакцию 05.07.2012.

References

1. Pulikovskiy, K.B., Makhutov, N.A., Shoygu, S.K. *Bezopasnost Rossii. Analiz riskov i upravleniye bezopasnostyu: metodicheskiye rekomendatsii*. [Security of Russia. Risk analysis and security control: method guidelines.] Moscow: MGOF «Zaniye», 2008, 672 p. (in Russian).
2. Belov, P.G. *Sistemnyy analiz i modelirovaniye opasykh protsessov v tekhnosfere. Uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov*. [System analysis and hazardous process modeling in technosphere. University student training manual.] Moscow: Akademiya, 2003, 512 p. (in Russian).
3. Vishnyakov, Y.D., Radayev, N.N. *Obshchaya teoriya riskov. Uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov*. [General risk theory. University training manual.] Moscow: Akademiya, 2007, 368 p. (in Russian).

RATIONALE FOR MATHEMATICAL SOLUTION MODEL OF LABOUR SAFETY RISKS ASSESSMENT PROBLEM AT ENGINEERING ENTERPRISES

A. A. Martynenko

(Don State Technical University),

V. V. Novikov

(Kuban State Technological University)

Some issues on the mathematical model justification and the solution to the problem of the labour safety risks assessment at the machine building enterprises are considered. As a result, the phases of occupational hazards threat, and the conditions which may result in workers death, injury, or disease, are discovered. Risk ranking in subdivisions and time may well in advance permit to localize subdivisions (departments) and hazards, to provide a preventive planning aimed at the workers death, injury, or disease risk reduction at the engineering enterprises.

Keywords: *mathematical model, mathematical expectation, probability of occurrence, risk, chance event.*