

---

## ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПЕРИОД

Т.В. Михина

Российский университет дружбы народов  
Подольское ш., 8/5, Москва, Россия, 113093

Предложены принципы формирования прогноза состояния производственного травматизма на долгосрочный период на основе модели, учитывающей изменения структуры занятости по видам экономической деятельности и экспертные оценки динамики факторов, влияющих на риски травмирования на рабочем месте.

**Ключевые слова:** прогноз, производственный травматизм, производственные риски, модель.

Прогнозирование состояния производственного травматизма является необходимым звеном в системе управления охраной труда. Оно проводится для информационного обеспечения принятия решений по предупреждению несчастных случаев на производстве и планированию финансовых затрат как на компенсационные выплаты, так и на профилактические мероприятия.

Основные задачи прогнозирования производственного травматизма: выявление закономерностей изменения показателей травматизма, определение наиболее значимых управляющих факторов, влияющих на состояние травматизма, построение вероятностных сценариев и разработка рекомендаций по управлению состоянием производственного травматизма.

В настоящее время в качестве характеристики состояния производственного травматизма используются два типа показателей: абсолютные (численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности на 1 день и более и со смертельным исходом; численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве со смертельным исходом; число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 день и более и со смертельным исходом) и относительные (те же показатели, отнесенные на 1000 занятых и число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 день и более и со смертельным исходом на одного пострадавшего). Первые два относительных показателя принято называть коэффициентом частоты несчастных случаев ( $K_{\text{ч}}$ ,  $K_{\text{ч.см}}$ ), а третий — тяжестью травматизма. В зарубежной практике при анализе травматизма применяются показатели, отнесенные к отработанному времени (например, число травмированных на 1 млн отработанных часов), что является более корректным, так как позволяет избежать изменений показателей, не связанных с производственными рисками. Например, резкое снижение показателей травматизма в Российской Федерации в 2009 г. связано со спадом производства и скрытой безработицей.

Помимо этих показателей, которые можно отнести к общим, существует группа показателей, относящаяся к травмирующим факторам (распределение пострадавших по видам и причинам несчастных случаев), которые необходимо учитывать при разработке прогнозных моделей.

Традиционным подходом при прогнозировании производственного травматизма является прогнозирование на основе временных рядов [3; 4]. Исходя из того, что производственный травматизм является многофакторным явлением и обладает определенной инерционностью, значение его показателей аппроксимируют в виде определенных функциональных зависимостей и прогноз строится путем расчета показателей методом экстраполяции. В качестве прогнозной функции используется либо линейная, либо экспоненциальная. Прогнозирование на основе временных рядов имеет определенные ограничения (хорошо работает при краткосрочном прогнозировании, не позволяет анализировать причины изменений), хотя это и не исключает возможности его применения и при долгосрочном прогнозировании в случае уверенности в достаточно вероятном сценарии инерционного развития. В противном случае необходимо использовать в прогнозировании производственного травматизма системный подход и при построении моделей учитывать управляющие факторы.

Факторы, влияющие на показатели травматизма, можно условно разделить на две группы:

- 1) внешние, не зависящие от состояния дел в области охраны труда (численность занятых в экономике, распределение занятых по видам экономической деятельности, по роду занятий, профессиям, возрастным группам и стажу работы);
- 2) внутренние, зависящие от техники, технологий, качества работников, занятых на производстве.

При долгосрочном прогнозировании на общую численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве прежде всего влияет общая численность занятых в экономике, и их распределение по видам экономической деятельности [1; 2].

Оценку влияния этих факторов проведем на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат). Несмотря на то, что база наблюдения Росстата по производственному травматизму и профессиональной заболеваемости составляет порядка трети всех занятых в экономике, она имеет и существенные преимущества по сравнению с другими. Прежде всего это касается постоянства методологии сбора и обработки данных. Информация о гибели и травматизме людей на производстве и профессиональных заболеваниях заносится в форму № 7, которая предоставляется в региональные отделения, обрабатывается, систематизируется и затем поступает в центральный орган Росстат, где региональные данные объединяются в единую базу. Форма № 7 практически не претерпевала никаких кардинальных изменений в течение достаточно длительного периода, следовательно, нет необходимости делать соответствующую корректировку. Учет перехода группировки видов экономической деятельности по Общероссийскому классификатору отраслей народного хозяйства (ОКОНХ) на группировку по Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (1) можно провести, используя соответствующие таблицы. Изменение базы наблюдения легко учитывается, так как информация по производственному травматизму содержит как абсолютные, так и относительные показатели, а также данные о численности занятых в экономике (объем выборки). Для построения модели, описывающей состояние травматизма, объем выборки не столь существенен.

Анализ данных Росстата по абсолютным показателям производственного травматизма показывает, что если бы коэффициент частоты несчастных случаев остался бы на уровне 2000 г., то численность пострадавших при выборке 2011 г. составила бы 107,8 тыс. человек, т.е. сократилась бы на 43 тыс. человек. Иначе говоря, в общем сокращении численности пострадавших на 71%, сокращение за счет сокращения выборки составляет 28% (или около 40% от общего сокращения). Для пострадавших со смертельным исходом эти значения составляют соответственно 3,15 и 1,25 тыс. погибших, или в общем сокращении численности пострадавших со смертельным исходом на 59%, сокращение за счет сокращения выборки составляет 28% или около половины (48,6%).

На рис. 1 приведена динамика численности занятых в экономике, входящих в выборку Росстата, численности пострадавших с потерей трудоспособности на 1 день и более и со смертельным исходом, а также численности пострадавших со смертельным исходом. Все показатели приведены к 2000 г.

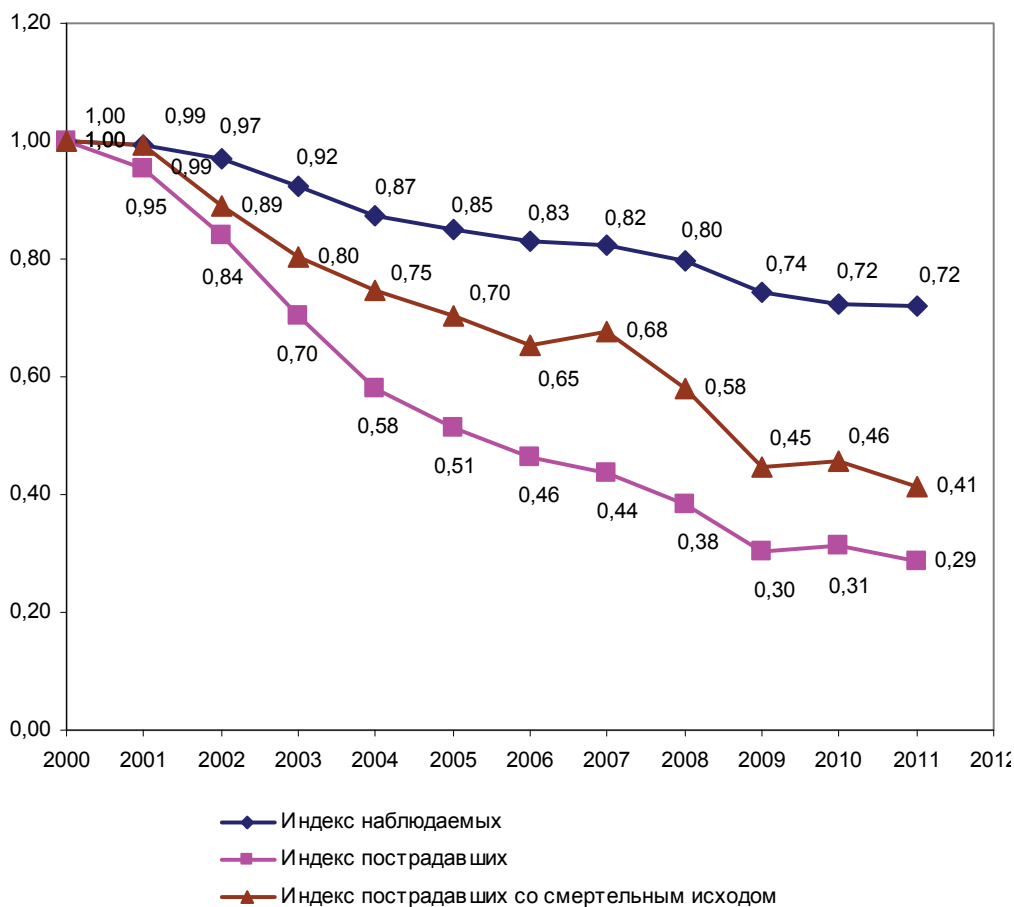


Рис. 1. Динамика показателей травматизма

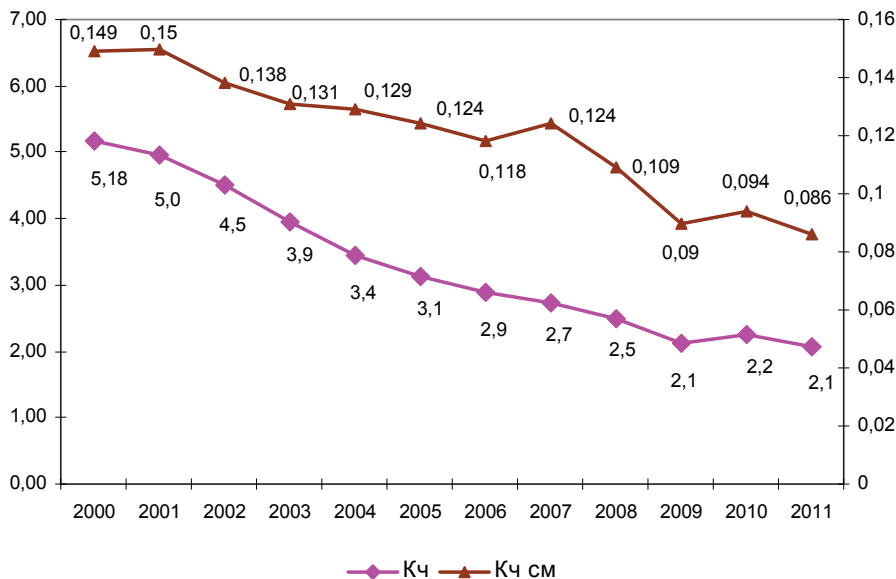
Учет этого фактора (сокращения численности наблюдаемых Росстатом по производственному травматизму) достигается включением в модель, описывающую

численность пострадавших от несчастных случаев на производстве, множителя  $N$  (численность занятых, тыс. человек):

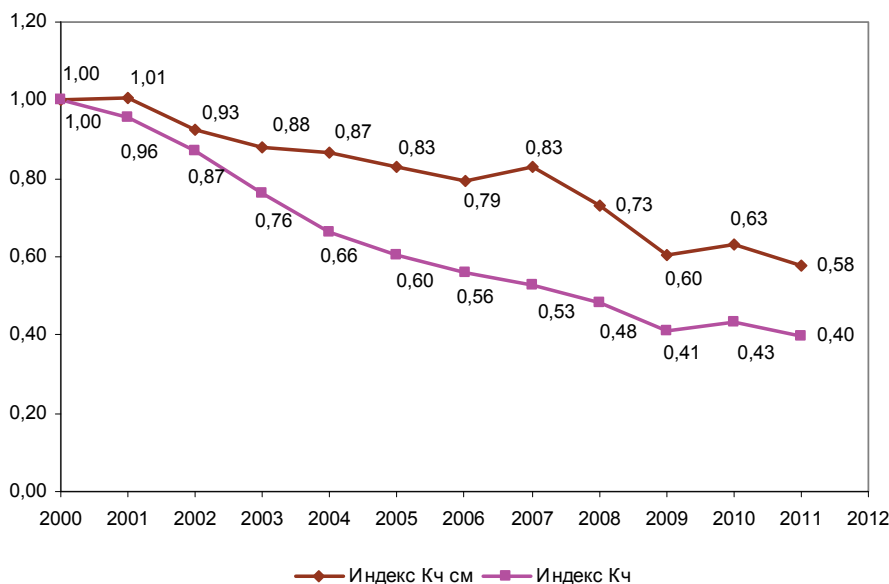
$$T = N \cdot f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = K_q$  — для травматизма с потерей трудоспособности на 1 день и более и со смертельным исходом;  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = K_{q,см}$  — для травматизма со смертельным исходом.

Динамика относительных показателей и их индексов (значения, приведенные к 2000 г.) за этот же период приведена на рис. 2 и 3.



**Рис. 2.** Динамика относительных показателей производственного травматизма



**Рис. 3.** Динамика индексов относительных показателей травматизма

Изменение относительных показателей за этот же период составило  $-60\%$  для  $K_{\text{ч}}$  и  $-42\%$  для  $K_{\text{ч.см}}$ .

К внешним причинам изменения относительных показателей травматизма в целом по стране из-за высокой вариативности относительных показателей травматизма по видам экономической деятельности относится прежде всего изменение структуры занятости. Диапазон изменения коэффициентов частоты несчастных случаев и несчастных случаев со смертельным исходом по видам экономической деятельности (по разделам ОКВЭД) составили в 2011 г. от 0,6 (гостиницы, рестораны) до 3,7 (рыболовство, рыбоводство) и от 0,000 до 0,357 в тех же видах экономической деятельности.

Оценка влияния изменения структуры занятых по видам экономической деятельности в период с 2005 по 2011 г. на относительные показатели травматизма показала, что в результате изменения структуры занятости снижение  $\Delta K_{\text{ч}}$  составило  $-0,16$  (15% от общего снижения) и  $\Delta K_{\text{ч.см}}$  —  $-0,004$  (10,5% от общего снижения).

Если бы относительные показатели травматизма внутри каждого раздела ОКВЭД были бы близки, то можно было бы ограничиться такой группировкой занятых и в модель травматизма заложить учет фактора изменения структуры занятости путем суммирования по разделам ОКВЭД:

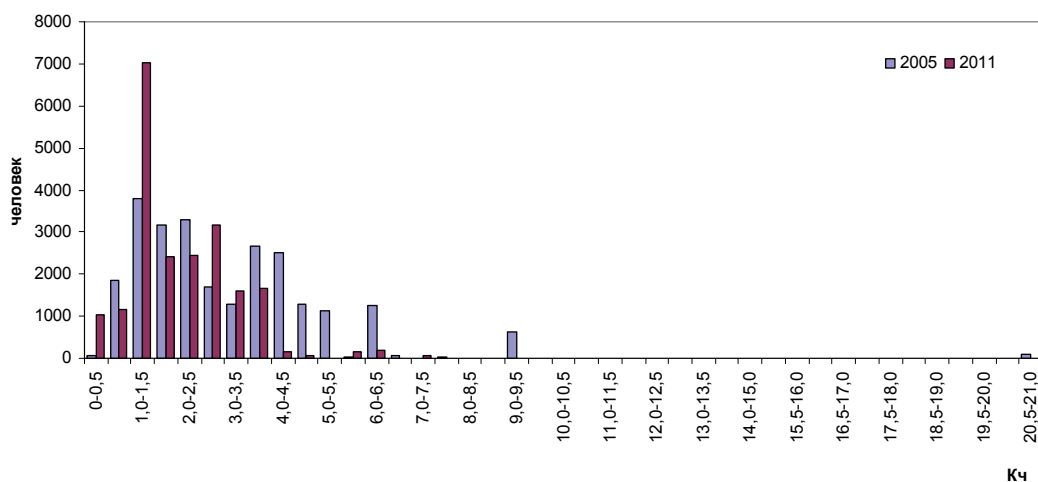
$$T = N \cdot \sum_i \eta_i f_i(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где  $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = K_{\text{ч},i}$  — для травматизма с потерей трудоспособности на 1 день и более и со смертельным исходом;  $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = K_{\text{ч.см},i}$  — для травматизма со смертельным исходом;  $K_{\text{ч},i}$ ,  $K_{\text{ч.см},i}$  — коэффициенты частоты несчастных случаев на производстве в  $i$ -том виде экономической деятельности.

К сожалению, внутри разделов неоднородность относительных показателей травматизма велика. Например, раздел В содержит подразделы «Рыболовство» и «Рыбоводство», значения показателей  $K_{\text{ч}}$  и  $K_{\text{ч.см}}$  в которых различаются почти в 4 раза ( $K_{\text{ч}} = 4,2$ ,  $K_{\text{ч.см}} = 0,403$  в подразделе «Рыболовство» и  $K_{\text{ч}} = 1,2$ ,  $K_{\text{ч.см}} = 0,109$  в подразделе «Рыбоводство»). При существенном различии в численности занятых по этих подразделам значения показателей в разделе определяются наиболее многочисленным. В случае, когда в подразделах занято близкое количество занятых, а значения показателей существенно разнятся, необходимо учитывать изменение структуры занятых в разделе. Например, в разделе ОКВЭД «Добыча полезных ископаемых» перераспределение занятых с ростом численности занятых на предприятиях по добыче нефти и газа и сокращением численности занятых на предприятиях по добыче угля может привести к существенному изменению показателей травматизма по разделу в целом.

Рассмотрим изменения структуры занятости по подразделам ОКВЭД, сгруппировав их по риску травматизма. В качестве оценки риска травматизма примем значение  $K_{\text{ч}}$ , и группировку численности занятых в подразделах ОКВЭД по его значениям проведем в интервалах кратных 0,5. При этом получим распределение занятых по рискам производственного травматизма (рис. 4). Сравнение этих рас-

пределений в 2011 и в 2005 гг. показывает, что за этот период произошло их существенное изменение: увеличение численности занятых на рабочих местах с низкими рисками ( $K_q = 0,0—0,5$ ,  $K_q = 1,0—1,5$ ) и практически исчезли рабочие места с рисками, превышающие величину  $K_q = 4,5$ .



**Рис. 4.** Изменение распределения занятых по рискам производственного травматизма

К4

Так как увеличение числа членов в модели, описывающей травматизм, повышает уровень ошибки при прогнозировании, имеет смысл объединить занятых в экономике по более укрупненным группам (3—5 групп), например: занятые в сельскохозяйственном производстве, в промышленности, в строительстве, на транспорте, в сфере услуг (здравоохранение, образование, торговля, связь, прочие услуги).

Учет второй группы факторов (внутренних) проведем на основе анализа причин несчастного случая, приведшего к производственной травме. Несчастный случай является результатом одновременной реализации нескольких факторов, основными из которых являются: наличие в оборудовании травмирующих частей как в штатной ситуации, так и возникающих в результате аварии (будем называть это травмоопасностью оборудования); работа в зоне повышенной опасности (высотные работы, вероятность падения предметов, материалов, транспорт и др.); нахождение работающего в опасной зоне; незнание работающим безопасных приемов труда; персональные качества работающего.

Вероятность несчастного случая можно выразить в следующем виде:

$$P_{\text{НС}} = P_{\text{т.о}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $P_{\text{т.о}}$  — травмоопасность оборудования (зависит от оборудования и от степени его износа);  $K_1$  — повышающий коэффициент, учитывающий место проведения работ (травмоопасность места проведения работ);  $K_2$  — повышающий коэффициент, учитывающий обучение работника безопасным приемам труда и его качество;  $K_3$  — коэффициент, учитывающий персональные качества работника;  $K_4$  — коэффициент, учитывающий время пребывания работника в опасной зоне;  $K_4 = \tau/T$  ( $\tau$  — время пребывания работника в опасной зоне,  $T$  — продолжительность рабочего дня).

$K_1$  можно оценить через значения численности занятых, травмированных, занятых и травмированных на травмоопасных рабочих местах:

$$K_1 = \frac{T_{\text{тр.м}}}{N_{\text{тр.м}}} \cdot \frac{N}{T} = \frac{\eta_{T_{\text{тр.м}}}}{\eta_{N_{\text{тр.м}}}},$$

где  $T$ ,  $T_{\text{тр.м}}$  — численность травмированных и численность травмированных на травмоопасных рабочих местах;  $N$ ,  $N_{\text{тр.м}}$  — численность занятых и численность занятых на травмоопасных рабочих местах;  $\eta_{T_{\text{тр.м}}}$  — доля травмированных на травмоопасных рабочих местах в общей численности травмированных;  $\eta_{N_{\text{тр.м}}}$  — доля занятых на травмоопасных рабочих местах в общей численности занятых.

$K_2$  можно оценить через численность занятых  $N$ , численность обученных  $N_{\text{обуч}}$ , численность травмированных  $T$  и численность травмированных в несчастных случаях по причине недостатков обучения ( $T_{\text{н.обуч}}$ ):

$$K_2 = \frac{T_{\text{н.обуч}}}{N - N_{\text{обуч}}} \cdot \frac{N}{T}.$$

В качестве персональных характеристик работника, влияющих на вероятность несчастного случая, наиболее целесообразно учитывать возраст и стаж работника. Для оценки  $K_3$  работающих и пострадавших в результате несчастных случаев на производстве необходимо сгруппировать в возрастные и стажевые когорты в определенных интервалах, например 5 лет и рассчитывать повышающий коэффициент, исходя с учетом рисков травмирования в соответствующей группе:

$$K_3 = \frac{T_{\text{возраст}}}{N_{\text{возраст}}} \cdot \frac{T_{\text{стаж}}}{N_{\text{стаж}}} \cdot \left( \frac{N}{T} \right)^2.$$

Следующим шагом в построении прогнозной модели является получение на основе временных рядов регрессионных зависимостей показателей травматизма занятых в отдельных видах экономической деятельности. Длина временного ряда должна быть больше прогнозного периода, но не менее 5 лет. В качестве регрессионной функции лучше всего использовать экспоненциальную с постоянным членом  $(a + b \cdot \exp(-kt))$ .

Показатели, учитывающие внешние факторы (изменение численности работающих и структуры занятых по видам экономической деятельности), берутся из демографических и социально-экономических прогнозов.

Учет внутренних управляющих факторов следует производить путем введения поправочных коэффициентов:

— коэффициента  $k_1$ , учитывающий на во сколько раз изменится доля занятых на травмоопасных рабочих местах в прогнозном году ( $t$ ) по сравнению с базовым ( $t_0$ )

$$k_1 = \frac{\eta_{N_{\text{тр.м}}}(t)}{\eta_{N_{\text{тр.м}}}(t_0)};$$

— коэффициента  $k_2$ , учитывающего, на (во) сколько (раз) изменится доля не обученных или плохо обученных безопасным приемам труда в прогнозном году ( $t$ ) по сравнению с базовым ( $t_0$ )

$$k_2 = \frac{\eta_{N_{н.о}}(t)}{\eta_{N_{н.о}}(t_0)};$$

— коэффициента  $k_3$ , учитывающего изменение среднего возраста занятых  $\bar{B}$  и среднего стажа работы на данном рабочем месте  $\bar{C}$  в прогнозном году ( $t$ ) по сравнению с базовым ( $t_0$ )

$$k_3 = \frac{\bar{B}(t) \cdot \bar{C}(t)}{\bar{B}(t_0) \cdot \bar{C}(t_0)};$$

— коэффициента  $k_5$ , учитывающего, во сколько раз изменится травмоопасность оборудования (экспертная оценка).

С учетом всех обсужденных выше положений окончательно прогнозная модель может быть представлена в следующем виде:

$$T = N \cdot \sum_i k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 \eta_i [a_i + b_i \cdot \exp(-k \cdot (t - t_0))].$$

Представленная методология позволит проводить прогнозирование травматизма на долгосрочный период и более обоснованно разрабатывать предложения по повышению эффективности системы управления охраной труда с учетом возможных сценариев развития состояния производственного травматизма, учитывающих в том числе динамику экономических и социально-демографических показателей.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

- (1) С 1 января 2003 г. произошел переход группировки видов деятельности по ОКОНХ (общероссийский классификатор отраслей народного хозяйства) на группировку по ОКВЭД (общероссийский классификатор видов экономической деятельности).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Качалов Н.А., Кукин Ю.С., Михина Т.В. Анализ тенденций динамики производственного травматизма в Российской Федерации // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2011. — № 11. — С. 2—6.
- [2] Качалов Н., Михина Т., Кукин Ю. Факторы снижения производственного травматизма // *Охрана труда и социальное страхование*. — 2011. — № 6. — С. 113—117.
- [3] Шкрабак Р.В. Характеристика, анализ и прогноз производственного травматизма и эффективные пути его снижения // *Вестник КрасГАУ*. — 2008. — № 4. — С. 255—262.
- [4] Шкрабак Р.В., Сатюкова Л.А. Результаты исследований по анализу и прогнозу динамики производственного травматизма // *Нива Поволжья*. — 2010. — № 2. — С. 79—82.



## **PRINCIPLES OF FORMING LONG-RUN FORECAST OF INDUSTRIAL INJURIES STATE**

**T.V. Mikhina**

Peoples' Friendship University of Russia  
*Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 115093*

Principles of forming long-run forecast of industrial injuries state are suggested. They are based on the model which takes into account changes of economic activities distribution of workers and peer reviews of trends of safety-critical factors.

**Key words:** forecast, industrial injuries, injury risk, model.