

*Roman I. Pahomov,  
ScD, associate professor;*

*Evgenij V. Dyachenko,  
ScD, associate professor;*

*Alexandr E. Zyma,  
ScD, senior lecturer,  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

### Analysis, Prediction and Prophylaxis of Lethal Traumatism

**Keywords:** *analysis, industrial traumatism, lethal traumatism, trend, statistics, statistic methods, univariate prediction model, standard deviation.*

**Annotation:** *This article deals with lethal industrial traumatism in Ukraine. Dynamics of Ukrainian industrial and lethal traumatism from 1992 to 2015 years are considered. Developed lethal traumatism prediction for three years from 2016 to 2018 with usage of univariate prediction model and logarithmic trend curve. Basic causes of industrial traumatism and its influence to enterprise productivity are considered.*

**Постановка проблемы.** Анализ несчастных случаев на производствах Украины является одним из основных и необходимых элементов разработки механизмов профилактики и предотвращения травматизма. Ведь несчастный случай на производстве, особенно со смертельным исходом, следует рассматривать как сигнал о неудовлетворительном состоянии профилактической работы по предупреждению травматизма на том или ином участке предприятия или на производстве в целом. Итак, только после определения состояния безопасности труда, объективного выявления истинных причин того или иного несчастного случая и закономерностей его возникновения, и появляются реальные возможности для эффективного поиска путей активизации профилактической работы и снижения травматизма.

Производственный травматизм давно стал актуальной проблемой во всех странах мира, в том числе и в Украине. Сегодня в экономически развитых странах мира травмы занимают третье место среди причин смерти населения трудоспособного возраста. В Украине в последние годы, положение в сфере охраны труда остается напряженным. Действующая система управления охраной труда оказалась недостаточно эффективной в современных условиях. Как следствие – уровень производственного травматизма остается высоким.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проблеме анализа причин производственного травматизма посвящено много научных исследований.

Так, в работах (3, 5) приведены методики анализа, характеризующие сугубо административную систему управления охраной труда. В этих методиках сформулирован четкий алгоритм проведения исследований: сбор и анализ данных о травматизме; определение соответствующих коэффициентов; составление соответствующих графиков и анализ результатов расчетов; разработка профилактических мероприятий по снижению уровня травматизма.

Вопросам повышения безопасности труда, анализа и профилактики травматизма в отдельных отраслях производства посвящены работы (2, 4). Где, на основе фактического материала рассматриваются вопросы организации безопасного ведения работ по отдельным технологическим направлениям. Предложены алгоритмы проведения комплексного анализа условий труда и оценки уровня травматизма.

В работе (7) рассмотрены актуальные вопросы применения современных информационных технологий и математического аппарата при решении задач управления в области охраны труда. Предложены алгоритмы моделирования и прогнозирования показателей травматизма, а также методика оценки эффективности управленческой деятельности.

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Несмотря на большое количество проведенных исследований можно констатировать, что существующие методы и подходы к вопросам анализа и прогнозирования производственного травматизма не создают целостной картины рассматриваемой проблемы. Разнообразие подходов к изучению причин травматизма свидетельствует об отсутствии единой, научно обоснованной методики изучения травматизма.

В связи с этим, важно общие подходы и методы изучения производственного травматизма совершенствовать, расширять и детализировать в соответствии с динамическими социально-экономическими условиями.

**Цель статьи.** Целью данной работы является совершенствование методики изучения производственного травматизма со смертельным исходом и разработка математической модели прогнозирования несчастных случаев.

### **Изложение основного материала.**

**Анализ несчастных случаев на производстве.** Опасные факторы на производстве часто приводят к травме, а вредные факторы – к заболеванию. Только по организационным причинам происходит около 80% всех несчастных случаев в быту и на производстве. Но оздоровить условия деятельности, повысить безопасность невозможно с помощью одних только организационных мероприятий. В системе мероприятий по профилактике травматизма, наработанных всеми странами мира, существенная роль отводится разработке и внедрению комплексных программ безопасности труда.

По данным Международной организации труда, во всем мире ежедневно регистрируется более 500 смертельных случаев в сельском хозяйстве, промышленности и сфере услуг. Ежегодно более 300 000 работников получают производственные травмы и профессиональные

заболевания. В мире экономические потери, связанные с производственным травматизмом, составляют около 1% мирового валового национального продукта.

Исследование производственного травматизма со смертельным исходом проведено с использованием последних статистических данных (6, 1).

Обработка данных о производственном травматизме за определенный период проводилась с использованием статистического метода, что позволило определить динамику изменений травматизма и выявить закономерности роста или снижения отдельных показателей несчастных случаев. Статистические данные о производственном травматизме приведены в таблице 1.

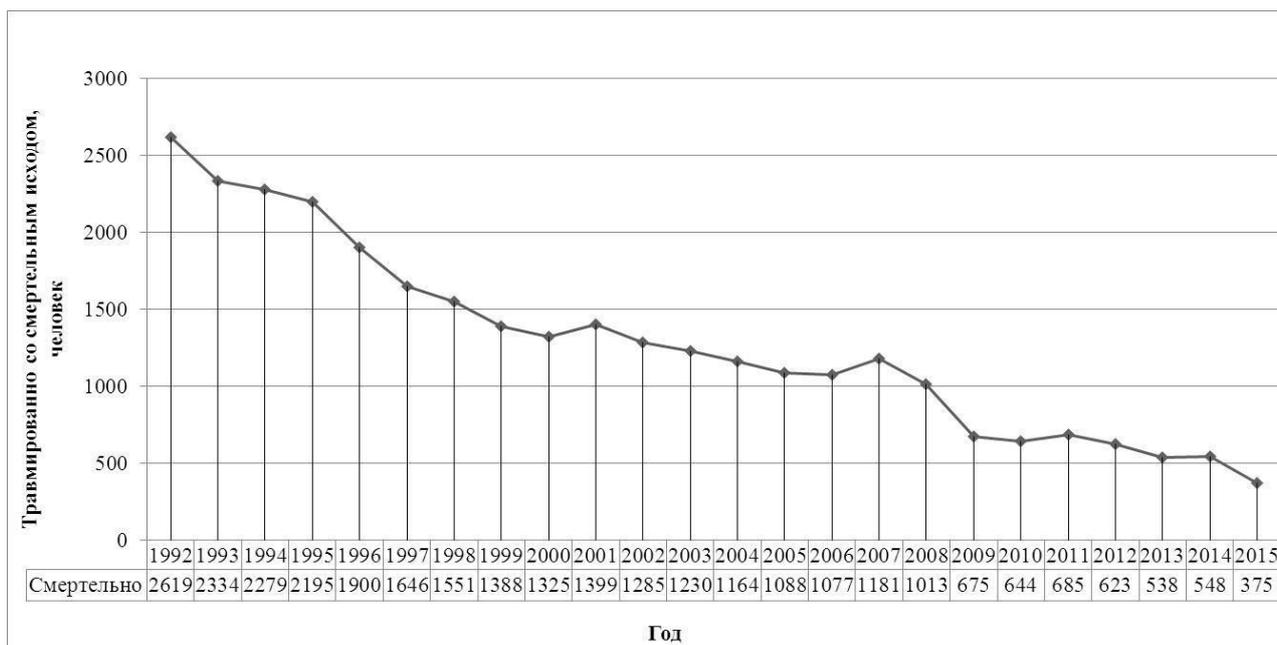


Рис. 1. Динамика травматизма со смертельным исходом в Украине с 1992 по 2015 год

Характеристики изменений производственного травматизма со смертельным исходом за 1992 – 2015 годы отражены на графике, который приведен на рисунке 1.

Согласно статистическим данным, которые отображены в графике, наблюдается тенденция к снижению уровня травматизма со смертельным исходом в разных отраслях промышленности Украины.

**Прогнозирование несчастных случаев со смертельным исходом.** Для прогнозирования травматизма в Украине на следующие 3 года было использовано однофакторную прогнозную модель.

Наиболее распространенным методом прогнозирования является аналитическое представление тренда. При этом для выхода за пределы исследуемого периода достаточно продолжить значения независимой переменной времени.

В связи с этим ход развития связывают с течением времени, то есть

$$\bar{y}_t = f(t). \quad (1)$$

Такая оценка рассчитывается путем подстановки номера года  $t$ , на который рассчитывается прогноз, в уравнение тренда. Она является средней оценкой для прогнозируемого интервала времени.

Целесообразно определять доверительные интервалы прогноза. Величина доверительного интервала определяется следующим образом:

$$\bar{y}_t \pm t_\alpha \sigma_{y_t}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{y_t}$  – средняя квадратическая погрешность тренда;  $\hat{y}_t$  – расчетное значение уровня;  $t_\alpha$  – доверительное значение критерия Стьюдента.

Среднеквадратическое отклонение от тренда равно:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i^*)^2}{k}}; k = n - m, \quad (3)$$

где  $k$  – число свободы;  $n$  – число наблюдений;  $m$  – число параметров;  $t_\alpha$  – значение  $t$ -статистики.

Для построения тренда использована логарифмическая кривая:

$$\hat{y} = a_0 \cdot a_1 \lg t. \quad (4)$$

Для оценки адекватности модели с помощью метода наименьших квадратов определено наименьшее значение квадрата отклонений теоретических значений от эмпирических.

$$\sum (y_t - \hat{y})^2 = 53095. \quad (5)$$

Итак, полином первой степени имеет наименьшее значение суммы квадратов отклонений. Поэтому, среди указанных функций трендом для заданных эмпирических данных является функция:

$$\hat{y} = 2949.730 \lg t. \quad (6)$$

Для получения прогнозных значений на три периода ( $L = 3$ ) на основе построенного тренда выполним экстраполяцию теоретических данных.

Имеем следующий результат.

$$\hat{y}_{t+1}^* = 598; \hat{y}_{t+2}^* = 569; \hat{y}_{t+3}^* = 542$$

Таблица 1

К расчету среднеквадратического отклонения ретроспективных прогнозов смертельного травматизма

Параметры	Теоретическое значение	Фактическое значение	Абсолютное отклонение прогноза	Квадрат отклонения
1992	2949	2619	330	108900
1993	2443	2334	109	11881
1994	2147	2279	-132	17424
1995	1937	2195	-258	66564
1996	1774	1900	-126	15876
1997	1640	1646	-6	36
1998	1528	1551	-23	529
1999	1430	1388	42	1764
2000	1344	1325	19	361
2001	1267	1399	-132	17424
2002	1198	1285	-87	7569
2003	1134	1230	-96	9216
2004	1076	1164	-88	7744
2005	1021	1088	-67	4489
2006	971	1077	-106	11236
2007	924	1181	-257	66049
2008	880	1013	-133	17689
2009	838	675	163	26569
2010	798	644	154	23716
2011	761	685	76	5776
2012	725	623	102	10404
2013	691	538	153	23409
2014	659	548	111	12321
2015	628	375	253	64009

Среднеквадратическое отклонение от тренда (3) равно  $\sigma_y = 152$  ( $n = 26, m = 2$ ). Также определяем значение  $t$ - статистики Стьюдента (при доверительной вероятности 0,95)  $t_\alpha = 2,06$ .

Результаты расчетов приведены в таблице 1. График прогноза изображен на рисунке 2.

5. Экономические причины – нерегулярная выплата заработной платы; низкий заработок; неритмичность работы; стремление к выполнению сверхурочной работы; работа по совместительству или на двух разных работах.

Производственный травматизм наносит не только социальный, но и значительный экономический ущерб, поэтому комплекс организационно-профилактических мероприятий находится в сложной взаимосвязи различных факторов производственной среды и условий труда. Разработка комплекса профилактических мероприятий возможна лишь на основе обоснованного анализа и прогноза производственного травматизма, что позволяет выполнить данная методика.

### **Выводы и предложения.**

1. В последнее время наблюдается положительная динамика к снижению производственного травматизма со смертельным исходом.
2. Прогнозирование смертельного травматизма с использованием однофакторной прогнозной модели показало, что на 2016 год количество смертей на производстве составит около 598 человек, на 2017 год – 569 и на 2018 год – 542. Среднеквадратическое отклонение при этом равно 151,9.
3. Положительные изменения в динамике травматизма в немалой степени обусловлены: снижением объемов производства, неполной занятостью работающих, перетеканием рабочей силы из травмоопасных производств в другие непромышленные структуры, неполным учетом случаев травматизма.
4. Рассмотренная методика анализа и прогнозирования производственного травматизма позволяет разработать профилактические меры, которые учитывают взаимное влияние различных факторов.
5. Дальнейшее развитие данного направления исследования заключается в применении данной методики для исследования и прогнозирования состояния непромышленного травматизма в Украине.

### **References:**

1. *Information about the state of occupational injuries for the twelve months of 2015 [Internet] Available from: <http://www.dnop.gov.ua/index.php/uk/operativna-informatsiya/travmatizm/11245-vidomosti-pro-stan-virobnichogo-travmatizmu-zadvanadtsyat-misyatsiv-2015-rik>.*
2. *Kostenko OM. Improving methods and tools for integrated analysis, forecast and prevention of occupational injuries in agriculture: dissertation thesis for a scientific degree of candidate of technical sciences: spec. 05.26.01 "Labor protection". Kiev, 2002; 24.*
3. *Melik-Shakhnazarov LS. Research of occupational injuries in Ukraine: LS. Melik-Shakhnazarov, TO. Popova: Newsletter on labor protection. Kiev, 2006, #3; 9–13.*
4. *Rybalka KA. Improving safety in the reconstruction of single-story industrial buildings: dissertation thesis for a scientific degree of candidate of technical sciences: spec. 05.26.01 "Labor protection". Dnepropetrovsk, 2009; 20.*