



**Е.В. Макарова**  
аспирант ОАО «НЦ ВостНИИ»



**А.С. Ворошилов**  
канд. техн. наук, заместитель директора ООО «Кузбасс-ЦОТ»

УДК 622.864:614.8.01:658.382.3

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ СТЕПЕНИ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ

*Данная статья позволяет по-новому взглянуть на анализ производственного травматизма.*

*Предложена методика расчета среднего вреда здоровью. Разработан математический аппарат определения фактического вреда здоровью, который позволяет рассчитывать фактические данные по потере трудоспособности, в расчетных днях потери трудоспособности и потери трудоспособности в процентах.*

*Ключевые слова: ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК, АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА, УРОВЕНЬ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ, СРЕДНЯЯ СТЕПЕНЬ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ*

**В** настоящее время многие исследователи заняты проблемой определения профессионального риска и методов анализа производственного травматизма. Это обусловлено не только требованием законодательства, но и развитием производства формированием организацией и организацией дальнейшего уменьшения травматизма на предприятиях.

Так, в работе [1] получена единая непрерывная шкала степени вреда здоровью, демонстрирующая связь между лингвистическими переменными (смертельный, тяжкий, легкий, несущественный вред здоровью), потерей трудоспособности и предлагаемыми авторами численными значениями интервалов степени уровня вреда здоровью в соответствии с критериями вреда здоровью, утвержденные Минздравсоцразвития РФ. В исследовании представлена функция распределения степени тяжести вреда здоровью среди работников, которая носит фундаментальный характер и описывается линейным уравнением типа:

$$B_3 = -a \cdot \log N + B_{30}, \quad (1)$$

где  $\log N$  – текущее число работников;  
 $a$  и  $B_{30}$  – эмпирические коэффициенты.

На базе формулы (1) при помощи математических преобразований можно определить

$$B_{3\text{ ср}} = \frac{1}{N_0 - 1} = \int_1^{N_0} B_{30} - a \cdot \log(N) \, dN = \frac{a \cdot N_0 - a - b}{N_0 - 1} = a \quad (2)$$

при  $N_0 \gg 1$

$\log N_0$  – общее число работников.

Соответственно  $B_{3\text{ ср}} = a$  – средняя степень вреда здоровью.

Из формулы следует, что средний вред здоровью определяется значением «а». Получаем, что значение «а» – это не просто коэффициент, характеризующий опасность производства, а значение средней степени вреда здоровью.

В статье [1] приведена связь между днями потери трудоспособности и степенью тяжести вреда здоровью:

$$П_c = K_1 \cdot 10^{K_2 \cdot B_3}, \quad (3)$$

где  $П_c$  – дни потери трудоспособности;

$K_1$  – поправочный коэффициент,

$$K_1 = 10^{-1,2134};$$

$K_2$  – поправочный коэффициент,

$$K_2 = 0,8452;$$

$B_3$  – показатель степени уровня вреда здоровью.

Таким образом, можно произвести расчет прямой зависимости дней потери трудоспособности от количества работников:

$$\log(П_c) = \log(k_1) + k_2 \cdot b_3 \quad (4)$$

$$1/k_2 \cdot \log(П_c/k_1) = B_3$$

$$\begin{aligned}
 1/k_2 \log(\Pi_0/k_1) &= B_0 - a \cdot \log(N) \\
 1/k_2 \log(\Pi_0/k_1) &= a \cdot \log(N_0) - a \cdot \log(N) \\
 1/k_2 \log(\Pi_0/k_1) &= \log(N_0/N)^a \\
 \log(\Pi_0) - \log(k_1) &= k_2 \cdot \log(N_0/N)^a \\
 \log(\Pi_0) &= \log(N_0/N)^{ak_2} + \log(k_1) \\
 \Pi_c &= K_1 \cdot (N/N_0)^{ak_2}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

где  $K_1$  – поправочный коэффициент,  
 $K_1 = 10^{-1,2134}$ ;  
 $K_2$  – поправочный коэффициент,  
 $K_2 = 0,8452$ .

Связь между процентом потерь трудоспособности и степенью тяжести вреда здоровью достаточно хорошо описывается следующей аппроксимирующей функцией:

$$\Pi_c = n_1 \cdot 10^{n_2 B_3}
 \tag{6}$$

Аналогично вычисляется зависимость процента потери трудоспособности от количества работников.

$$\log(\Pi_n) = \log(n_1) + n_2 B_3
 \tag{7}$$

$$\Pi_n = n_1 \cdot (N/N_0)^{an_2}
 \tag{8}$$

где  $n_1$  – поправочный коэффициент,  
 $n_1 = 10^{-0,52747}$ ;  
 $n_2$  – поправочный коэффициент,  
 $n_2 = 0,50457$ .

В статье приведены данные Росстата по травматизму с 2000 года по 2012 год.

Исходные значения, представленные в таблице 1, позволяют проанализировать уровень производственного травматизма и вычислить средний вред здоровью, зависящий от количества дней нетрудоспособности.

Для анализа производственного травматизма и построения графика зависимости степени тяжести вреда здоровью от количества работников нам необходимо определить средний уровень степени тяжести вреда здоровью при условии, что отсутствие вреда здоровью равно 0, а смертельная травма равна 5.

Для более точного расчета и построения графика следует определить степень тяжести вреда здоровью, соответствующую среднему значению числа человеко-дней нетрудоспособности на одного пострадавшего на производстве. Для этого необходимо вычислить уровень степени тяжести вреда здоровью, соответствующий среднему значению утраты трудоспособности.

$$B_{\text{ср. ур.}} = (\lg \Pi_{\text{ср. ур.}} + K_1) / K_2
 \tag{9}$$

где  $K_1$  – поправочный коэффициент,

$$K_1 = 10^{-1,2134};$$

$K_2$  – поправочный коэффициент,

$$K_2 = 0,8452;$$

$\Pi_{\text{ср. ур.}}$  – дни потери трудоспособности.

$B_{\text{ср. ур.}}$  – степень тяжести вреда здоровью, соответствующая среднему значению числа

человеко-дней нетрудоспособности на одного пострадавшего на производстве.

Таким образом, с помощью расчетов получаем данные уровня степени тяжести вреда здоровью по среднему значению дней утраты трудоспособности (табл. 2).

Исходя из приведенных в таблице данных, можно построить график эмпирических функций, демонстрирующий распределение пострадавших по степени тяжести вреда ( $B_3$ ) в зависимости от десятичного логарифма от числа пострадавших и общего числа работающих  $N_0$ .

Так, по рисунку 1, получаем, что в России в 2001 году количество работающих было 29,1 миллиона человек, смертельные травмы получили 4 370 человек. Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве составила 144 700 человек, причем среднее число человеко-дней нетрудоспособности на одного пострадавшего составило 28,3. Таким образом, можно считать, что 144 700 человек получили средний вред здоровью. Средняя степень тяжести вреда здоровью  $B_{\text{ср. ур.}}$ , исходя из расчетов по формуле (1) и данных таблицы 2, составила 3,16.

В 2006 году в России количество работающих было 24,4 миллиона человек, смертельные

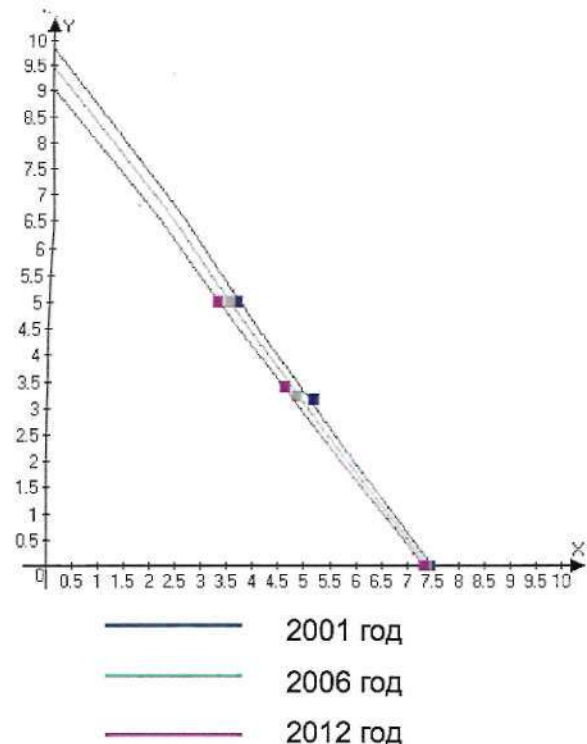


Рисунок 1 – График зависимости степени тяжести вреда здоровью ( $B_3$ ) в зависимости от десятичного логарифма числа пострадавших и общего числа работающих  $N_0$ .

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование показателей	Год												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Численность занятых по РФ, в среднем за год (млн. чел)	29,52	29,1	28,4	27,1	25,5	24,9	24,4	24,1	23,4	21,8	21,3	21,2	21,6
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве, тыс. человек	151,8	144,7	127,7	106,7	87,8	77,7	70,7	66,1	58,3	46,1	47,7	43,6	40,4
из них со смертельным исходом	4,40	4,37	3,92	3,54	3,29	3,09	2,90	2,99	2,55	1,97	2,00	1,82	1,82
Число человеко-дней нетрудоспособности на одного пострадавшего на производстве (Пср. утр.)	28,3	28,4	28,8	30,5	31,4	32,2	32,9	41,2	46,7	47,3	45,9	48,4	45,6

Таблица 2 – Степень тяжести вреда здоровью по годам

Наименование показателей	Год												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Средний уровень степени тяжести вреда здоровью ( $B_{зср.ур}$ )	3,15	3,16	3,16	3,19	3,21	3,22	3,23	3,35	3,41	3,42	3,40	3,43	3,40

травмы получили 2 900 человек. Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве составила 70 700 человек, причем среднее число человеко-дней нетрудоспособности на одного пострадавшего составило 32,9. Таким образом, можно считать, что 70 700 человек получили средний вред здоровью. Средний уровень степени тяжести вреда здоровью  $B_{зср.ур}$ , исходя из расчетов по формуле (9) и данных таблицы 2, составила 3,23.

Аналогично можно проанализировать остальные годы согласно исходным данным,

представленным в таблице 1.

Как следует из графика, зависимость степени вреда здоровью от логарифма числа работников можно описать линейным уравнением по формуле (1):

$$B_3 = a \cdot \log N + B_{30}$$

где  $B_3$  – показатель степени уровня вреда здоровью (изменяется от 0 до 5);

$a$  и  $B_{30}$  – эмпирические коэффициенты;

$\log N$  – текущее число работников.

Из формулы (1) можно определить общий вред здоровью:

$$B_{30} = a * \log N_0 \tag{10}$$

$\log N_0$  – общее число работников.

Исходя из формулы (2) и графика определяем уровень вреда здоровью работников по годам (табл. 3).

Таким образом, в России в 2001 году уровень вреда здоровью ВЗ был равен  $-1,3141559 * \log N + 9.8427252$ ; коэффициент детерминации  $R^2$  составлял 0,9989. Значение коэффициента детерминации 1 означает функциональную зависимость между переменными.

В 2006 году уровень вреда здоровью ВЗ был равен  $-1.2813801 * \log N + 9.4534939$ ; коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9999$ .

В 2012 году  $B_3 = -1.2316081 * \log N + 9.0401477$ ;  $R^2 = 0.9998$ .

Все коэффициенты детерминации  $R^2$  интерполирующей функции  $B_3 = -a * \log N + B_{30}$  больше 0,95 (сами расчеты в статье не приводятся). Это свидетельствует о том, что данная функция достаточно хорошо описывает взаимосвязь между степенью тяжести вреда и десятичным логарифмом от числа пострадавших и общего числа работающих для этих стран.

Следует отметить, что точность расчетов подтверждается t-критерием Стьюдента.

Таким образом, представленные в данной статье материалы и расчеты позволяют опреде-

лить фактическое распределение степени тяжести вреда здоровью среди работников. В пользу надежности показательной (экспоненциальной) функции распределения степени тяжести вреда здоровью среди работников свидетельствует то, что  $R^2 > 0,9$  во всех расчетах уравнения  $B_3 = -a * \log N + B_{30}$ , приведенных выше, а также не попавших в данную статью. Напомним, что значение коэффициента детерминации  $R^2 = 1$  означает функциональную зависимость между переменными.

Из графика и соответствующих интерполяционных формул следует, что чем опасней производство, тем выше  $a$ .

Для определения фактической потери трудоспособности необходимо произвести расчет прямой зависимости дней потери трудоспособности от количества работников по формуле (3):

$$П_c = K_1 * 10^{K_2 B_3},$$

где  $K_1$  – поправочный коэффициент,

$$K_1 = 10^{-1,2134};$$

$K_2$  – поправочный коэффициент,

$$K_2 = 0,8452.$$

Аналогично вычисляется зависимость процента потери трудоспособности от количества работников по формуле (6):

$$П_c = n_1 * 10^{n_2 B_3}$$

где  $n_1$  – поправочный коэффициент,

Таблица 3 – Уровень вреда здоровью

Наименование показателей	Год													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Численность занятых по РФ в среднем за год, млн. чел														
Уровень вреда здоровью В <sub>3</sub>	a													
	B <sub>30</sub>													
Стандартное отклонение														
Коэффициент детерминации R <sup>2</sup>														
Средняя степень вреда здоровью a														

$$n_1 = 10^{-0,52747};$$

$n_2$  – поправочный коэффициент,

$$n_2 = 0,50457.$$

При подстановке показателя среднего вреда здоровью можно вычислить средний процент потери трудоспособности. Произведя расчеты согласно формулам, получаем данные, представленные в таблице 4.

Перевод данных в проценты потери трудоспособности позволяет сделать вывод о том, что, потеря трудоспособности остается практически неизменной, несмотря на уменьшающуюся среднюю степень вреда здоровью на производстве (производство становится менее опасным). Фактическое распределение дней потери трудоспособности на одного человека меняется с годами, но незначительно.

#### Выводы.

1. Предложена методика расчета среднего вреда здоровью.

2. Разработан математический аппарат определения фактического вреда здоровью, который позволяет рассчитывать фактические данные по потере трудоспособности в расчетных днях потери трудоспособности и потери тру-

доспособности в процентах.

3. На базе полученных формул выполнен анализ производственного травматизма по данным Росстата с 2000 года по 2012 год, который позволяет установить, что:

- с годами производство становится менее опасным, так как средняя степень вреда здоровью а уменьшается. Так, в 2001 году средняя степень вреда здоровью а составила 1,31, а в 2012 году а = 1,23;

- потеря трудоспособности на одного человека в процентном соотношении постепенно уменьшается. Так, в 2001 году потеря трудоспособности Пп составила 2,41 %, в 2012 году – 2,21 %.

Дни потери трудоспособности на одного человека также постепенно уменьшаются: в 2001 году – 15,56 дней; 2012 году – 13,33 дня.

4. Данные по анализу травматизма свидетельствуют о том, что работники на производстве не обращаются за помощью и не берут больничный лист, если травмы незначительны. Обращения происходят лишь тогда, когда вред здоровью представляет значительную опасность для здоровья и составляет средний вред здоровью с утратой трудоспособности более 21 дня.

Таблица 4 – Потеря трудоспособности

Наименование показателей	Год												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Расчетные дни потери трудоспособности Пс	15,56	15,66	15,23	15,01	14,85	14,66	14,69	14,81	14,36	13,56	13,8	13,40	13,33
Потеря трудоспособности Пп, %	2,41	2,42	2,39	2,37	2,35	2,33	2,34	2,35	2,31	2,23	2,25	2,21	2,21

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ворошилов, С. П. Травматизм. Функция распределения степени тяжести вреда здоровью среди работников / С. П. Ворошилов, А. С. Ворошилов // БИОТА +. – 2014. – № 3. – С. 31–34.

OCCUPATIONAL INJURIES. A METHOD FOR AVERAGE INJURY CALCULATING.

**Y. V. Makarova, A. S. Voroshilov**

*This article offers a new way to look at the analysis of occupational injuries. A method for average injury calculating is suggested. The mathematical apparatus to determine the actual health harm is developed, which allows the calculation of the actual data on disability in the precalculated days of disability and disability percentage.*

**Key words:** OCCUPATIONAL RISK, INJURY ANALYSIS, HEALTH HARM LEVEL, AVERAGE LEVEL OF HEALTH HARM

*Макарова Елена Валерьевна  
e-mail: mev.kuz\_cot@mail.ru*

*Ворошилов Алексей Сергеевич  
e-mail: besimply@yandex.ru*