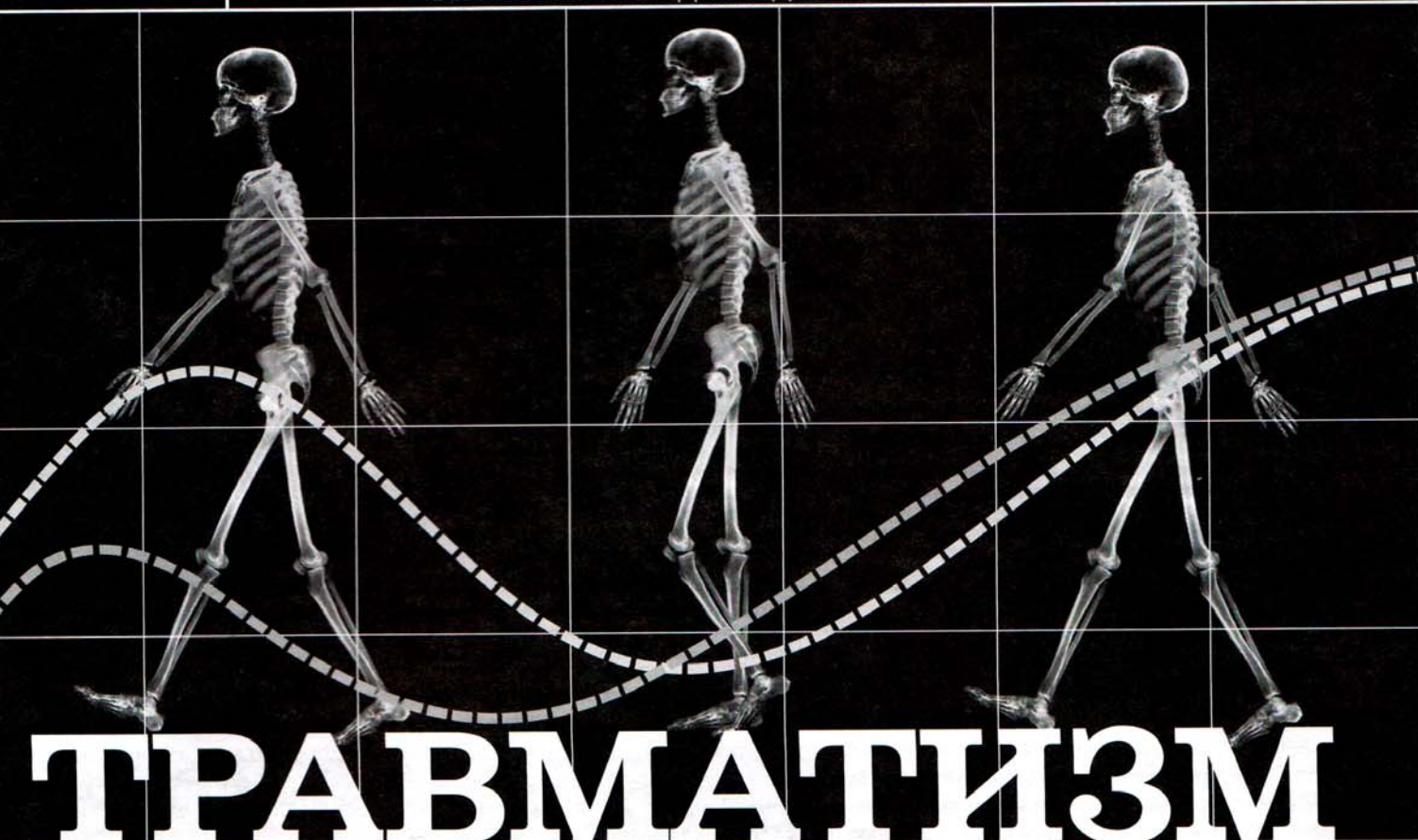


НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО УДЕЛЯЕТ СЕГОДНЯ ПОВЫШЕННОЕ ВНИМАНИЕ
РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ТРАВМАТИЗМА И ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ, ЧТО ВО МНОГОМ
ОБУСЛОВЛЕНО НЕ ТОЛЬКО ТРЕБОВАНИЯМИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА —
НЕРЕДКО ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
РИСКОВ НЕОБХОДИМА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ БИЗНЕСА



ТРАВМАТИЗМ

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ СРЕДИ РАБОТНИКОВ

С. П. Ворошилов

Директор НП «Кузбасс-ЦОТ», к. ф.-м. н.

А. С. Ворошилов

и. директора ООО «Кузбасс-ЦОТ», к. т. н.

Точность методов анализа производственного травматизма и оценки профессиональных рисков во многом зависит от теоретических или эмпирических закономерностей, на базе которых они построены, и актуальность исследований по выявлению взаимосвязей между степенью вреда здоровью, числом пострадавших и общим числом работающих не вызывает сомнений.

Шкала вреда здоровью

В качестве основы для непрерывной шкалы вреда здоровью в данной работе выбраны «Медицинские критерии определения степени тяжести вреда, причиненного здоровью человека»*, которые устанавливают однозначную связь между лингвистическими переменными — тяжкий вред, средний вред, легкий вред, незначительный вред — и процентами потери трудоспособности и днями временной нетрудоспособности.

* Утв. Приказом Минздравсоцразвития РФ от 24.04.2008 № 194н.

КРИТЕРИИ И ПАРАМЕТРЫ ШКАЛЫ СТЕПЕНИ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ

УРОВЕНЬ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ	КРИТЕРИИ вреда здоровью (Минздравсоцразвития РФ)		Интервалы изм. показателя степени уровня вреда здоровью, B_3	Расч. интервалы изменения потери трудоспособности, %	Расч. интервалы изменения потери трудоспособности, дни
	потеря трудоспособности, %	врем. нетрудоспособность, Дней			
СМЕРТЬ Вред, не совместимый с жизнью.	> 100		>5	> 100	> 1030
ТЯЖКИЙ ВРЕД Вред, опасный для жизни человека; потеря зрения, речи, слуха либо какого-то органа или утрата функций органа; прерывание беременности; псих. расстройство; неизгладимое обезображивание лица; заболевание нарко- либо токсикоманией; значительная утрата общей трудоспособности не менее чем на одну треть; полная утрата проф. трудоспособности.	30–100		> 4 до 5	31–100	от 147 до 1030
СРЕДНИЙ ВРЕД 7.1. Временное нарушение функций органов и/или систем (врем. нетрудоспособность) продолжительностью свыше трех недель (более 21 дня). 7.2. Значительная стойкая утрата общей трудоспособности менее чем на одну треть — стойкая утрата общей трудоспособности от 10 до 30 процентов включительно.	10–30	>21	>3 до 4	10–31	21–147
ЛЕГКИЙ ВРЕД 8.1. Врем. нарушение функций органов и/или систем (врем. нетрудоспособность) продолжительностью до трех недель от момента причинения травмы (до 21 дня включительно). 8.2. Незначительная стойкая утрата общей трудоспособности — стойкая утрата менее 10%.	5–10	от 3 до 21	>2 до 3	3–10	3–21
НИЗКИЙ ВРЕД 9. Поверхностные повреждения, в т. ч.: ссадина, кровоподтек, поверхностная рана, ушиб мягких тканей, включающий кровоподтек и гематому, и др. повреждения, не влекущие кратковременного расстройства здоровья или незначительной стойкой утраты общей трудоспособности; расцениваются как повреждения, не причинившие вред здоровью человека.	<5*		> 1 до 2	1–3**	0,4–3
НИЧТОЖНЫЙ ВРЕД или ВРЕД ОТСУТСТВУЕТ			до 1	0,3–1	0,06–0,4

* Значение в 5% выбрано на основании того, что это нижний предел устанавливаемой потери трудоспособности по критериям Минздрава РФ.

** Значение в три дня — фактически минимальный срок больничного листа.

В табл. 1 приводятся данные, демонстрирующие связь между этими лингвистическими переменными и потерей трудоспособности, измеренной в процентах и днях временной нетрудоспособности. Здесь же приведены и предлагаемые авторами численные значения интервалов степени уровня вреда здоровью (B_3) в соответствии с критериями, которые были утверждены Минздравсоцразвития РФ.

Как следует из рассматриваемых данных, связь между процентом потерь трудоспособности и степенью тяжести вреда здоровью достаточно хорошо описывается аппроксимирующей функцией:

$$P_{\Pi} (\%) = n_1 \cdot 10^{n_2 B_3}, \quad (1)$$

где: $P_{\Pi} (\%)$ — процент потери трудоспособности;
 $n_1 = 10^{-0,52747}$ и $n_2 = 0,50457$ — поправочные коэффициенты;
 B_3 — показатель степени уровня вреда здоровью (изменяется от 0 до 5).

Соответствие тяжести вреда здоровью дням временной нетрудоспособности можно описать при помощи аналогичной показательной функции:

$$P_C = k_1 \cdot 10^{k_2 B_3}, \quad (2)$$

где: P_C — дни потери трудоспособности;
 $k_1 = 10^{-1,2134}$ и $k_2 = 0,8452$ — поправочные коэффициенты;
 B_3 — показатель степени уровня вреда здоровью (изменяется от 0 до 5).

Следует отметить, что из-за недостатка исходных данных эта функция достаточно надежно описывает соответствие тяжести вреда здоровью дням временной нетрудоспособности лишь на интервале «легкий вред здоровью»; на интервалах «низкий» и «средний вред» — уже оценочно, а на интервалах «тяжелый вред» и «нет вреда здоровью» точность аппроксимирующей функции и вовсе сомнительна.

Таким образом, получена единая непрерывная шкала степени вреда здоровью, учитывающая как процент потери трудоспособности, так и дни временной нетрудоспособности, что в свою очередь позволяет строить графики непрерывных эмпирических функций, которые связывают степень вреда здоровью с числом пострадавших и общим числом работающих.

Графиками на рис. 1 демонстрируется распределение пострадавших по степени тяжести вреда в зависимости от десятичного логарифма от числа пострадавших и общего числа работающих N_0 .

Данные по работникам, попадающим под мониторинг Росстата РФ (2012 г.) Количество работающих — 21,6 миллиона человек; смертельные травмы получили 1820 человек; отсутствие на работе в течение одного и более дней — 40 400 человек, причем среднее число человеко-дней нетрудоспособности на одного пострадавшего составило 45,6 (таким образом можно считать, что 40 400 человек получили средний вред здоровью). Расчет по формуле (2) дает $B_3 = 3,3$.



Рис. 1. Графики зависимости степени тяжести вреда здоровью V_3 от логарифма числа пострадавших и общего числа работающих $\log N$.

Как следует из графика, приведенного на рис.1, зависимость степени вреда здоровью от логарифма числа работников носит линейный характер и хорошо описывается функцией:

$$V_3 = -1,2309886 \cdot \log N + 9,0329054;$$

$$R_2 = 0,999,$$

где R_2 — это коэффициент детерминации (значение коэффициента 1 означает функциональную зависимость между переменными).

Таблица 2

РАСЧЕТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ вреда здоровью среди работников

СТЕПЕНЬ ТЯЖЕСТИ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ	МОНИТОРИНГ Росстата РФ	ДАННЫЕ Роструда РФ и Росстата РФ
Смерть	1892	2884
Смерть + тяжкий вред	12 368	21 577
Смерть + тяжкий вред + средний вред	80 824	161 436
Смерть + тяжкий вред + средний вред + легкий вред	528 140	1 207 813
Смерть + тяжкий вред + средний вред + легкий вред + низкий вред	3 122 226	9 036 490
Смерть + тяжкий вред + средний вред + легкий вред + низкий вред + вреда нет	21 477 626	64 283 238

Таблица 3

РАСЧЕТНОЕ ЧИСЛО РАБОТНИКОВ, получивших вред здоровью различной степени тяжести

ИСТОЧНИК сведений	Смерть	Тяжкий вред	Средний вред	Легкий вред	Низкий вред	Ничтожный вред. Вреда нет
РОССТАТ РФ	1820	9384	61 978	404 828	2 644 216	17 877 774
РОСТРУДА РФ и РОССТАТ РФ	2884	18 693	139 859	1 046 377	7 828 677	55 246 748

Данные Роструда и Росстата РФ (2012 г.) Смертельные травмы — 2896 человек, тяжкий вред здоровью — 8553 человека (Роструда РФ); среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. человек — 67 968 (Росстат РФ).

Линейная зависимость между V_3 и $\log N$ описывается функцией:

$$V_3 = -1,1146487 \cdot \log N + 8,703286;$$

$$R_2 = 0,996.$$

Из приведенных графиков видно, что экспериментальные точки лежат на одной прямой, и зависимость степени тяжести вреда от $\log N$ можно описать линейным уравнением типа:

$$V_3 = -a \cdot \log N + V_{30}, \quad (3)$$

где: a и V_{30} — эмпирические коэффициенты.

Из формулы (3) путем простейших преобразований получаем распределение вреда здоровью в коллективе:

$$N(V_3) = 10^{(V_{30} - V_3)/a} = N_0 \cdot 10^{-(V_3/a)}, \quad (4)$$

где $N_0 = 10^{(V_{30}/a)}$ — общее число работников.

Десятичный логарифм был использован для наглядности при построении графиков; переход к натуральному логарифму осуществить очень легко, разделив эмпирический коэффициент a на $\ln 10 = 2,3$. Используя формулу (4), можно рассчитать число тех работников, здоровью которых был принесен различный вред (результаты приведены в табл. 2). Та же формула позволяет оценить численность групп работников, получивших конкретный вред здоровью. Например, число получивших средний вред здоровью определяется формулой:

$$N(\text{средний вред}) = N_0 \cdot (10^{-(3/a)} - 10^{-(4/a)}). \quad (5)$$

Результаты таких расчетов приведены в табл. 3.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 2 и 3, на наш взгляд, являются вполне разумными. Так, коэффициент частоты производственного травматизма $K_{\text{ч}}$, вычисленный на базе данных Росстата РФ, равен 19, а на основании данных Роструда РФ и мониторинга Росстата РФ — 25. Эти данные вполне корреспондируются с коэффициентами частоты производственного травматизма $K_{\text{ч}}$ для европейских стран (табл. 4).

На рис. 2 представлены графики, построенные на основании сведений Росстата РФ о пострадавших на отечественном производстве за 2009 год на один миллион работников. В основе графиков лежат интерполирующие функции, имеющие следующий вид:

1. Добыча каменного угля, бурого угля и торфа:
 $V_3 = -1,4 184 911 \cdot \log N + 8,5969002;$
 коэффициент детерминации $R^2 = 0,996$.
2. Российская Федерация в целом:
 $V_3 = -1,2392682 \cdot \log N + 7,4555177;$
 коэффициент детерминации $R^2 = 0,996$.
3. Текстильное и швейное производство:
 $V_3 = -1,1198231 \cdot \log N + 6,7716394;$
 коэффициент детерминации $R^2 = 0,998$.

Графики, представленные в этом рисунке, и соответствующие интерполяционные формулы свидетельствуют: чем опасней производство, тем выше коэффициент a . Таким образом, коэффициент может служить некоторым показателем, характеризующим опасность производства.

Степень тяжести вреда здоровью

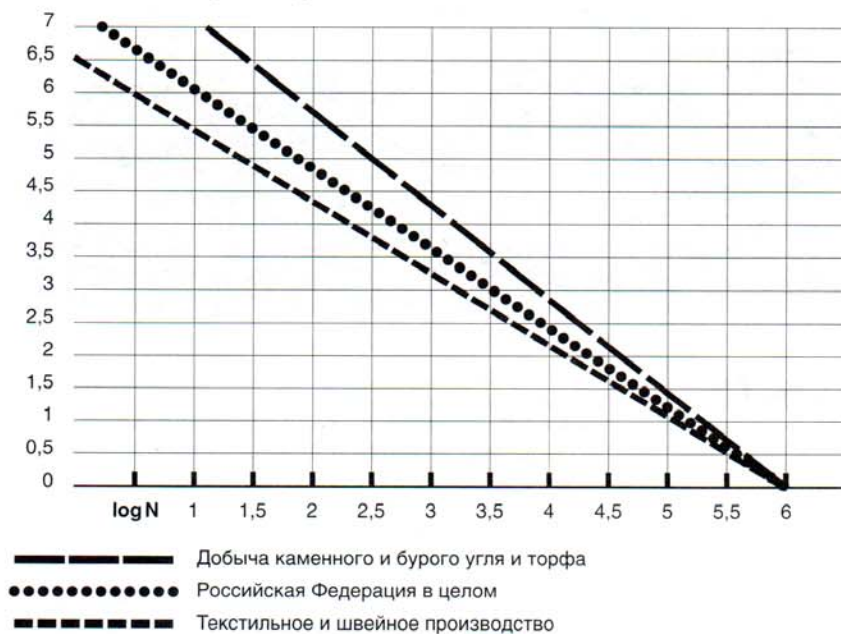


Рис. 2. Графики зависимости степени тяжести вреда здоровью V_3 от логарифма числа пострадавших и общего числа работающих по отдельным видам экономической деятельности за 2009 год на один миллион работников

Таблица 4

ДАННЫЕ МОТ
по травматизму работников и коэффициенты частоты травматизма

СТРАНА	ОБЩАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ работников, чел.	КОЛИЧЕСТВО несчастных случаев с летальным исходом	КОЛ-ВО несчастных случаев, повлекших отсутствие на РМ три и более раб. дней	КОЭФФИЦИЕНТЫ частоты травматизма по данным стран	КОЭФФ. ЧАСТОТЫ травматизма по оценке МОТ (границы: нижняя—верхняя)	Расчетные КОЭФФ. частоты травматизма с учетом оценки МОТ
США	135 073 000	5900	2 409 400	18	26–37	19
Япония	64 120 000	1790	132 287	2	16–31	16
Канада	15 076 800	919	373 216	25	36–67	21
Германия	36 816 000	1107	1 394 485	38	16–30	15
Италия	21 634 000	1241	615 405	28	34–65	21
Греция	3 917 500	80	16 794	4	12–23	14
Франция	24 113 225	730	743 435	30	16–30	16
Всего по странам с развитой рын. экономикой (27)	394 720 947	14 316	7 527 083	19	21–40	17
Россия	64 710 000	6194	–	–	51–96	24
Украина	20 238 100	1325	32 616	16	60–88	27
Болгария	2 751 500	138	5778	2	60–115	27
Румыния	10 696 900	440	6287	0,58	59–113	26
Белоруссия	4 417 400	234	6973	1	59–112	65
Польша	14 207 000	554	80 743	6	54–103	63
Всего по бывшим странам соц. экономики (26)	161 762 008	7853	343 004	2	56–108	24

Действительно:

a (уголь) = 1,42 > a (Россия) = 1,24 > a (текстиль) = 1,12;
 $K_{ч}$ (уголь) = 39 > $K_{ч}$ (Россия) = 24 > $K_{ч}$ (текстиль) = 17;
 $K_{чСМ}$ (уголь) = 0,3 > $K_{чСМ}$ (Россия) = 0,09 >
 $K_{чСМ}$ (текстиль) = 0,03.

Соответствующие коэффициенты — частоты смертельного травматизма $K_{чСМ}$ и частоты травматизма $K_{ч}$ на тысячу работников — рассчитывались по следующим формулам:

$$K_{чСМ} = 10^{3-5/a} \quad (6);$$

$$K_{ч} = 10^{3-2/a} \quad (7).$$

Данные Международной организации труда по травматизму за 2001 год

В табл. 4 приведены сведения по травматизму работников в странах с развитой рыночной экономикой и бывших странах социалистической экономики*, обнародованные в докладе директора Целевой программы МОТ «За безопасный труд» на XVII Всемирном конгрессе по охране труда. Помимо того, здесь приведены и коэффициенты интерполирующей функции и детерминации.

Коэффициенты частоты травматизма в упомянутых странах «колеблются» возле значений коэффициента частоты травматизма, рассчитанных по формуле (7), а среднее значение коэффициента частоты травматизма (по 27 странам) $K_{ч} = 19$ практически равно расчетному коэффициенту $K_{ч} = 17$. Следует отметить: как правило, расчетные коэффициенты близки к нижней границе коэффициентов, рассчитанных по оценочной методике МОТ, что свидетельствует о том, что предлагаемый подход дает вполне адекватные результаты при расчете коэффициентов частоты травматизма.

Явно низкие значения коэффициентов частоты несчастных случаев, повлекших за собой отсутствие на работе трех и более рабочих дней по бывшим странам социалистической экономики, скорее всего, обусловлены тем, что работники чаще уходят на больничный при получении травмы средней тяжести, а легкий травматизм при этом фактически не регистрируется. Такое предположение подтверждается и средней продолжительностью дней временной нетрудоспособности в таких странах, как Россия и Белоруссия: в 2001 году она составила около 30 дней, а это соответствует среднему вреду здоровью (табл. 1). В то же время коэффициенты частоты травматизма с использованием оценочных данных МОТ, на наш взгляд, всё-таки явно завышены.

Все коэффициенты детерминации R_2 интерполирующей функции $V_3 = -a \cdot \log N + V_{30}$ как для стран с развитой рыночной экономикой, так и для бывших стран социализма больше 0,95**, а 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.

Обсуждение полученных результатов

На базе обширного фактического материала и прикладных расчетов выше показано: распределение степени

* Классификация МОТ.

** Сами расчеты в статье не приводятся.

тяжести вреда здоровью по причине производственного травматизма можно проиллюстрировать следующей показательной (экспоненциальной) функцией:

$$N(B_3) \approx N_0 \cdot 10^{-(B_3/a)} \approx N_0 \cdot e^{-\ln 10 \cdot (B_3/a)},$$

где: B_3 — показатель степени уровня тяжести вреда здоровью, устанавливающий численную связь между лингвистическими переменными: тяжкий, средний, легкий вред, несущественный и ничтожный вред (см. табл. 1);

$N(B_3)$ — число работников, имеющих показатель степени уровня вреда здоровью B_3 и выше (см. табл. 2);

$N_0 = 10^{(B_{30}/a)}$ — общее число работников;

a — в общем случае некая функция, показывающая степень опасности работы.

В пользу надежности показательной (экспоненциальной) функции распределения степени тяжести вреда здоровью среди работников свидетельствует о том, что $R_2 > 0,9$ во всех расчетах уравнения $B_3 = -a \cdot \log N + B_{30}$, приведенных выше, а также в не попавших в данную статью. Стоит напомнить: значение коэффициента детерминации $R^2 = 1$ означает функциональную зависимость между переменными.

Следует отметить, что в реальности данная функция дискретна, т. к. количество людей, процент потери трудоспособности и дни временной нетрудоспособности измеряются числами натурального ряда (1, 2, 3...), однако, поскольку N , как правило, достаточно велико, это не оказывает существенного влияния на точность оценок.

На наш взгляд, несмотря на все сделанные приближения, данная функция распределения степени тяжести вреда здоровью среди работников носит фундаментальный характер и может послужить хорошей основой для разработки новых различных оценочных методик при анализе травматизма, в т. ч. и методик оценки рисков производственного травматизма. В частности, на базе этой функции появляется возможность рассчитать новые коэффициенты, которые можно использовать при анализе травматизма:

— $K_{чТ} = 1000 \cdot (10^{-(4/a)} - 10^{-(5/a)})$ — коэффициент частоты тяжкого вреда здоровью, который определяет количество работников, получивших тяжкий вред здоровью, приходящийся на тысячу работников;

— $K_{чС} = 1000 \cdot (10^{-(3/a)} - 10^{-(4/a)})$ — коэффициент частоты среднего вреда здоровью, определяющий количество работников, получивших средний вред здоровью, приходящийся на тысячу работников;

— $K_{чЛ} = 1000 \cdot (10^{-(2/a)} - 10^{-(3/a)})$ — коэффициент частоты легкого вреда здоровью, определяющий количество работников, получивших легкий вред здоровью, приходящийся на тысячу работников.

Взаимосвязь функции распределения с теорией надежности в данной работе не рассматривается, хотя она очевидна.

В заключение хотелось бы поблагодарить коллег — проф. Н. Н. Новикова и проф. Г. З. Файнбурга за плодотворные дискуссии по рассмотренным вопросам, что стимулировало приведенное исследование. ●

Мы отовсюду шлем привет, НАЦОТ сегодня 10 лет!

