

УДК 331.46 (571.17)

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ В КУЗБАССЕ

Малышева М. Н. аспирант,  
Фомин А. И., доктор техн. наук,  
профессор кафедры аэрологии охраны труда и природы  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»  
г. Кемерово

На основе проведенного анализа состояния производственного травматизма на предприятиях подземной угледобычи в Кузбассе определены вероятности получения травм на производстве и вероятности работы без травм для ряда ведущих профессий, определены частота и относительный риск травмирования работников основных профессий угольных шахт.

Ключевые слова: угольная отрасль, травматизм, методы анализа травматизма, оценка рисков.

В 2015 году (12 месяцев) в Кузбассе зафиксирован 61 несчастный случай, произошедший с работниками предприятий по добыче каменного угля подземным способом (данные по состоянию на 31.12.2015 г.) [1]. Принимаем интервал квантования несчастных случаев – 1 месяц. Число периодов  $n_k$  по  $k$  несчастных случаев в каждом периоде приведено в таблице 1. Требуется определить вероятность безопасной работы на всех шахтах Кузбасса одновременно. Уровень значимости  $\alpha$  принимаем равным 0,05.

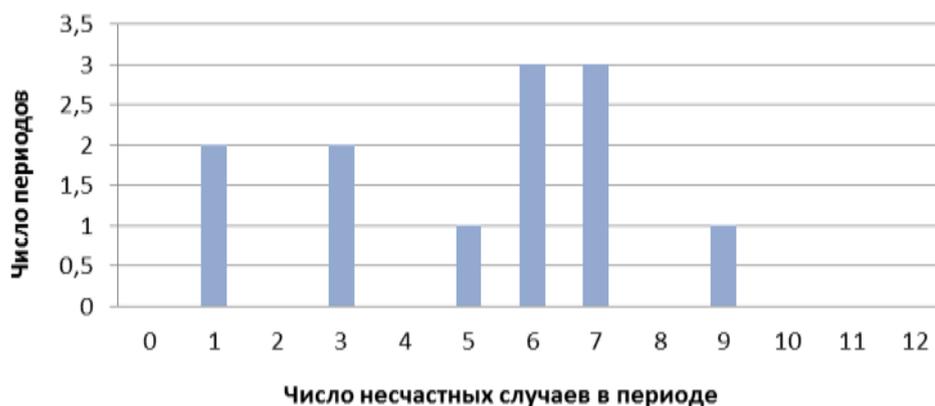


Рис.1. Гистограмма эмпирических частот

Функция распределения числа несчастных случаев согласно закону Пуассона имеет вероятность:

$$P(k, \lambda) = \sum_{k=0}^{12} \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!}.$$

В качестве оценки параметра  $\lambda$  распределения Пуассона принимается выборочная средняя  $\bar{x}$ , т. е.  $\lambda = \bar{x}$ .

$$\lambda = \bar{x} = \frac{\sum_{k=0}^n n_k \cdot k}{n} = \frac{2 \cdot 1 + 2 \cdot 3 + 1 \cdot 5 + 3 \cdot 6 + 3 \cdot 7 + 1 \cdot 9}{12} = 5,083.$$

Вычисляем теоретические вероятности с учетом зависимости:

$$P_{k, \bar{x}} = \frac{(5,083)^k \cdot e^{-5,083}}{k!}.$$

Находим теоретические частоты по формуле:

$$n'_k = n \cdot P(k, \bar{x}).$$

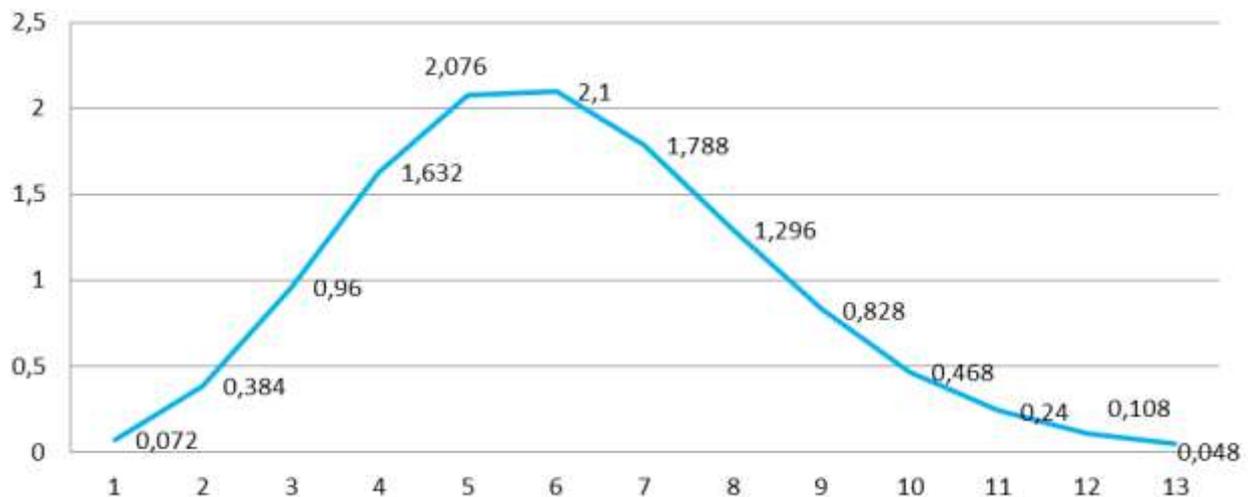


Рис.2. Теоретическая кривая распределения несчастных случаев

Сравниваем эмпирические и теоретические частоты с помощью критерия Пирсона, приняв число степеней свободы  $m = 11$ .

Из расчетной таблицы находят наблюдаемое значение критерия Пирсона  $\chi^2_{набл} = 15,462$ .

Находим критическое значение при уровне значимости  $\alpha = 0,05$   $\chi^2_{0,05;11} = 19,67514$  [2]. В связи с тем, что выполняется неравенство  $\chi^2_{набл} < \chi^2_{кр}$ , оснований отвергать гипотезу о распределении производственного травматизма по закону Пуассона нет, следовательно данные наблюдения согласуются с принятой гипотезой о соответствии распределения числа несчастных случаев в шахтах по закону Пуассона с параметром  $\lambda = 5,1$ . Результаты расчета распределение несчастных случаев и критерия Пирсона приведены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение несчастных случаев и результаты расчета критерия  
 Пирсона

$k$	$n_k$	$P(k, \lambda)$	$n'_k$	$n_k - n'_k$	$(n_k - n'_k)^2$	$(n_k - n'_k)^2 / n'_k$
0	0	0,006	0,072	-0,072	0,005	0,072
1	2	0,032	0,384	1,616	2,61	6,8
2	0	0,08	0,96	-0,96	0,9216	0,96
3	2	0,136	1,632	0,368	0,14	0,09
4	0	0,173	2,076	-2,076	4,31	2,076
5	1	0,175	2,1	1,1	1,21	0,58
6	3	0,149	1,788	1,212	1,47	0,82
7	3	0,108	1,296	1,704	2,90	2,24
8	0	0,069	0,828	-0,828	0,69	0,828
9	1	0,039	0,468	0,532	0,28	0,6
10	0	0,02	0,24	-0,24	0,0576	0,24
11	0	0,009	0,108	-0,108	0,012	0,108
12	0	0,004	0,048	-0,048	0,002	0,048
$\Sigma$	12	1	12			$\chi^2_{набл} = 15,4$

Вероятность того, что на шахтах Кузбасса не возникнет несчастный случай равна  $q = P_0 = 0,006$ .

Вероятность возникновения несчастных случаев во временном интервале в 1 месяц равна:

$$P = 1 - 0,006 = 0,994.$$

Следовательно, предприятия по добыче угля подземным способом можно отнести по уровню травматизма к высокоопасным.

Убеждение, что несчастные случаи имеют свои причины, и их можно предотвратить, обязывает изучать факторы, которые могут оказывать наибольшее влияние на возникновение несчастных случаев. Изучая эти факторы, можно выделить коренные причины несчастных случаев и выработать необходимые шаги, которые следует предпринять для предотвращения их повторения. Коренные причины несчастных случаев могут быть подразделены на «непосредственные» и «способствующие». К непосредственным причинам относятся неправильные действия работника и опасные условия на рабочем месте. Способствующими факторами могут стать ошибки в управлении, окружающая среда, физическое и психическое состояние работника. Для возникновения несчастного случая должна сложиться определенная комбинация этих причин [3].

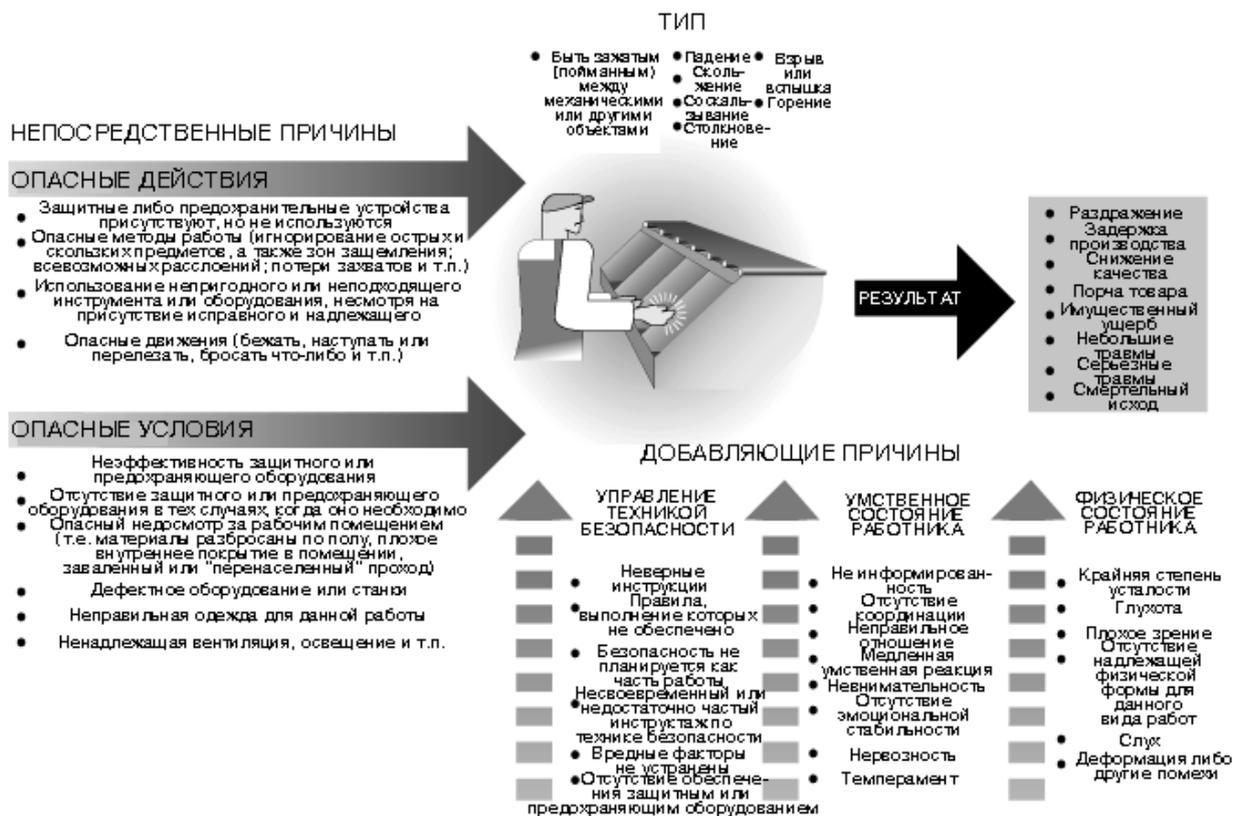


Рис. 3. Структура несчастных случаев

Основной задачей вероятностного метода анализа травматизма является определение вероятности травмирования. Вероятность травматизма определяется, прежде всего, для первичных элементов производства: отдельных профессий, производственных процессов и рабочих мест. Сравнивая полученные значения вероятностей с аналогичными значениями для предприятий с высоким уровнем безопасности, оценивают относительный уровень безопасности рассматриваемых элементов производства. Если вероятность травматизма для этих элементов оказывается значительно выше, чем на предприятиях с высоким уровнем безопасности, устанавливаются причины такого отличия, например, путем сопоставления значений частных вероятностей травматизма исследуемых элементов или с помощью монографического анализа отдельных элементов. Используя корреляционные зависимости для интенсивности травматизма, можно, варьируя входящие в них факторы, определить такие их значения, при которых вероятность травматизма будет ниже фактической, и находиться на уровне или ниже уровня лучших по безопасности предприятий.

Как видно, вероятностный анализ травматизма тесно связан со статистическими методами анализа, в частности с корреляционным методом. После оценки вероятности травматизма в отдельных элементах предприятий можно подсчитать вероятность травматизма по предприятию в целом.

Ниже в табл. 2 приведены вероятности травмирования работников и вероятность работы без травм ряда профессий угольных шахт Кузнецкого угольного бассейна, рассчитанные по формулам:  $P = 1 - e^{-a}$  (вероятность того, что случай произойдет) и  $q = 1 - P$  (

вероятность работы без травм) для промежутка времени, равного один месяц. Вероятность травматизма рассчитывается по исходному статистическому материалу (данным по расследованию несчастных случаев). Предварительно установлена интенсивность травматизма  $\lambda = \bar{x}$ .

Таблица 2

Вероятности травмирования работников и вероятность работы без травм ряда профессий угольных шахт Кузбасса

Профессия	$n_k$	Вероятность работы без травм за 1 мес.	Вероятность травмирования за 1 мес.
Водитель	1	0,92	0,08
Горномонтажник подземный	2	0,846	0,154
Горнорабочий	12	0,368	0,632
Горный мастер	5	0,659	0,341
Горнорабочий очистного забоя	10	0,435	0,565
Директор	1	0,92	0,08
Заведующая материальным складом	1	0,92	0,08
Машинист бульдозера	1	0,92	0,08
Машинист горных выемочных машин	9	0,472	0,528
Машинист котла	1	0,92	0,08
Механик подземный	2	0,846	0,154
Начальник участка	2	0,846	0,154
Пробоотборщик	1	0,92	0,08
Проходчик	6	0,607	0,393
Стропальщик	1	0,92	0,08
Электрослесарь подземный	6	0,607	0,393
	61	0,006	0,994

Принимаем, что для каждого разнотипного места со случаем травмирования вероятность работы без травм в соответствии с формулой равна:

$$q_y = 1 - P_y$$

где  $y$  - номер типа места травматизма.

В теории вероятностей доказывается, что величина общей вероятности безопасной работы предприятий  $Q_n$ , имеющих  $k$  – разнотипных мест травматизма, определится как произведение общих вероятностей работы без травм  $q_y$  всех  $k$  групп разнотипных мест (если травматизм на одном месте не влияет на травматизм на другом):

$$Q_n = q_{y1} \cdot q_{y2} \cdot \dots \cdot q_{yk} = \prod_{i=1}^k q_{yi}.$$

где  $i$  - порядковый номер данного места;  $k$  - их общее число.

Очевидно, что для всех  $k$  мест вероятность появления хотя бы одной травмы за данный промежуток времени равна:

$$P_n = 1 - Q_n.$$
$$Q_n = 0,006.$$
$$P_n = 1 - 0,006 = 0,994.$$

Как видно, вероятностный метод анализа травматизма является весьма детальным и, следовательно, дает большие возможности для получения рекомендаций по снижению травматизма. Так, из приведенного примера следует, что весьма опасной является профессия горнорабочего (уровень ее опасности, как следует из табл. 2, в 1,2 раза выше, чем у машиниста горных выемочных машин и в 7,9 раза выше, чем у директора). Что является очевидным исходя из специфики работы.

Выявляя группы рабочих, подверженных повышенному риску травматизма на рабочем месте в конкретной отрасли промышленности, подобная статистика не оценивает величину самого риска. Следовательно, конкретная группа рабочих может характеризоваться частыми случаями производственного травматизма лишь в силу своей многочисленности, а не потому, что выполняемые работы опасны.

Чтобы дать количественную оценку фактическому риску, данные по травматизму на рабочем месте должны быть увязаны со степенью подверженности риску, сопряженной с количеством рабочих часов. Вместе с тем, такая информация не всегда доступна. Следовательно, необходимо воспользоваться промежуточным коэффициентом, представляющим собой отношение серьезных несчастных случаев к общему числу зарегистрированных травм. Последняя характеристика условий труда может быть получена и из других обзоров. Последний вывод весьма важен при ранжировании рабочих мест по степени профессионального риска. Подобный подход к сравнительному анализу рисков – важнейшая составная часть обобщенной стратегии профилактики несчастных случаев на производстве. [3]

Частоту не смертельных несчастных случаев на производстве у группы рабочих  $\nu$  можно вычислить из отношения числа несчастных случаев, зарегистрированных для данной группы, к количеству рабочих часов за тот же период времени. Полученные показатели и представляют собой риск получить травму за час работы:

$$\nu = \frac{N}{T},$$

где  $N$  – количество несчастных случаев в течение выбранного промежутка времени;  $T$  – количество часов работы коллектива за тот же срок.

Удобный способ сравнения риска травматизма среди рабочих различных профессий заключается в вычислении относительного риска ( $\psi$ ):

$$\psi = \frac{\nu}{\nu_k},$$

где  $\nu$  – частота несчастных случаев для выбранной группы;  $\nu_k$  – частота несчастных случаев для контрольной группы.

Специальная группа может быть определена в качестве контрольной, например, группа руководящих работников или рабочих одной специальности. Контрольной группой можно считать, к примеру, и всех рабочих. Данная величина алгебраически эквивалентна проценту всех несчастных случаев, происходящих в избранной группе, поделенному на процент рабочих часов, характеризующий избранную группу. Если относительный риск превышает 1,0, это означает, что у участников избранной группы, скорее всего, будет больше травм, чем у членов контрольной группы; если относительный риск – меньше 1,0, это означает, что в среднем у членов избранной группы будет меньшее количество травм в час. [3].

Таким образом, следует учитывать организацию работ и расстановку персонала. Работы в лаве ведутся в 4 смены по 6 часов каждая при непрерывной рабочей неделе. 3 смены – по добыче угля и одна смена – ремонтно-подготовительная. Добычу угля в лаве ведет комплексная бригада, состоящая из звена горнорабочих очистного забоя совместно с проходчиками (4 чел.), два машиниста горных выемочных машин – один из них помощник, дежурный электрослесарь (1 чел.), горнорабочие подземные (2 чел.), один мастер.

Учитывая, что в среднем в месяц на одного работника выходит 20-23 рабочих смен (для расчета принимаем 22 смены, т.е. 132 ч/мес., следовательно, количество часов работы в течение выбранного промежутка времени составляет 1584 ч/год. За контрольную группу принимаем работников профессии – машинист горных выемочных машин (МГВМ).

Рабочее время директора за 2015 г. составило 1971 ч, с учетом того что спуски директора в шахту на каждом предприятии осуществляются по-разному, исходим из данных опроса и принимаем 5 спусков/мес. по 2 ч, т.е. 120 ч/год.

Таблица 3

Частота и относительный риск не смертельных несчастных случаев  
 трудящихся ряда профессий угольных шахт Кузбасса

Профессия	$\nu$	$\psi$
Горнорабочий	0,0076	1,3
Горнорабочий очистного забоя	0,0063	1,1
Проходчик	0,0038	0,7
Машинист горных выемочных машин	0,0057	1
Горный мастер	0,0032	0,6
Электрослесарь	0,0038	0,7
Директор	0,0083	1,5

Относительный риск у горнорабочего и горнорабочего очистного забоя превышает 1,0, это означает, что у участников данных профессий, скорее всего, будет больше травм, чем у машиниста горных выемочных машин.

Для директора  $\psi = 0,1$ , если спуски в шахту отсутствуют, но так как директор шахты обязан осуществлять спуски в шахту, получаем  $\psi = 1,5$ , т.е.

несмотря на то, что его нахождение в шахте минимальное он относится к группе с большим количеством травм в час, чем работники контрольной группы.

Изучение причин несчастных случаев раскрывает большие возможности перед теми, кто заинтересован в разработке новых методов. Результаты расчета данным методом нельзя рассматривать как окончательные, так как они зависят от ряда факторов. Эти данные подтверждают необходимость разработки на данных предприятиях профилактических мероприятий по предупреждению травматизма. При этом следует начинать с поиска причин несчастных случаев из-за отклонения технологических режимов, отказов оборудования, неправильных действий персонала и т. д.

### Список литературы:

1. Фомин А. И. Анализ состояния производственного травматизма в угольной отрасли Кузнецкого угольного бассейна / А. И. Фомин, Е. В. Макарова, Г. Е. Седельников // Вестник КузГТУ. – 2011. – № 2. – С. 31 – 35.
2. Математическая статистика. Примеры и задачи: учебное пособие / М.Ю. Васильчик, А.П. Ковалевский, И.М. Пупышев и др. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. - 84 с.
3. Энциклопедия по безопасности и гигиене труда: В 4 т.: т. 1: Тело; здравоохранение; профилактика, управление и политика; инструменты и подходы / Ред. кол.: Починок А.П. (гл. ред.) и др. – М.: Министерство труда и социального развития Российской Федерации, 2001. – 1279 с.: ил.
4. Фомин А. И. Метод оценки компетентности персонала в сфере охраны труда на основе определения профессиональных рисков на угольных предприятиях Кузбасса // Вестник КузГТУ. – 2009. – № 6. – С. 136 – 139.
5. Соколов Э.М. Оценка уровня промышленной безопасности на горнодобывающих предприятиях. / Э.М. Соколов, Н.М. Качурин, И.П. Карначёв, Д.Н. Шкуратский // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. - 2014. - №4. – С. 57-63.
7. Акты расследования несчастных случаев по форме Н-1 на производстве за 2015 год.