DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

УДК 504.05/06

РИСК ТРАВМАТИЗМА РАБОЧИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И ЕГО ГИСТЕРЕЗИС

Ю.ПАРХАНЬСКИ
Силезский технический университет, Гливице, Польша

В работе представлены данные о занятости на каменноугольных шахтах, уровне добычи и травматизме рабочих угольных шахт Польши за 1954-2010 гг. Для периода реструктуризации угольной отрасли Польши в 1993-2010 гг. проведена оценка показателей травматизма, в частности, частоты травматизма, тяжести травматизма и обобщенного показателя потерь. Были получены неоднозначные тенденции, что создало предпосылки для проведения анализа и за более ранние периоды. Анализ данных за 1954-2010 гг. показал многократную цикличность трендов изменений величин, использованных при оценке коэффициентов. Обосновано определение понятия «риск травматизма», способ его представления и интерпретация как нового метода, с учетом предыдущих исследований. На основе этого метода проведено исследование травматизма за период реструктуризации каменноугольных шахт Польши с расширением анализируемой базы данных за 1954-2010 гг. В результате была установлена новая зависимость «гистерезис риска травматизма». Представленный новый метод оценки риска травматизма является универсальным и может применяться не только на угольных шахтах, но и на предприятии любой отрасли страны и даже на межгосударственном уровне. Метод пригоден для анализа данных о частоте травматизма на 1000 человек и о тяжести случаев травматизма за любой промежуток времени.

***Ключевые слова*:** добыча угля, показатели травматизма, гистерезис риска, реструктуризация угольных шахт.

***Как цитировать эту статью*:** Парханьски Ю. Риск травматизма рабочих угольных шахт и его гистерезис // Записки Горного института. 2016. Т. 222. С. 869-876. DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

Введение. *Травматизм и его показатели для угольных шахт в период реструктуризации и в предшествующие годы.* Несчастные случаи с работниками угольных шахт связаны в основном с добычей угля. Общая динамика травматизма, смертельных случаев, объема добычи и занятости на шахтах Польши за период 1954-2010 гг. представлена на рис.1 [4].

При анализе общего травматизма можно заметить характерные экстремумы числа случаев травматизма, занятости и добычи в разные годы. Экстремумы не перекрываются по годам, а динамика кривых зависимости не демонстрирует подобия. Таким образом, оценка состояния безопасности в шахтах на основе травматизма необъективна. Однако динамика общего травматизма показывает характерные экстремумы (максимумы) в 1991 г. и ранее, в 1981, 1969 и 1957 годах и минимумы в 2005 г. и ранее, в 1988, 1977, 1966 и 1955 годах.

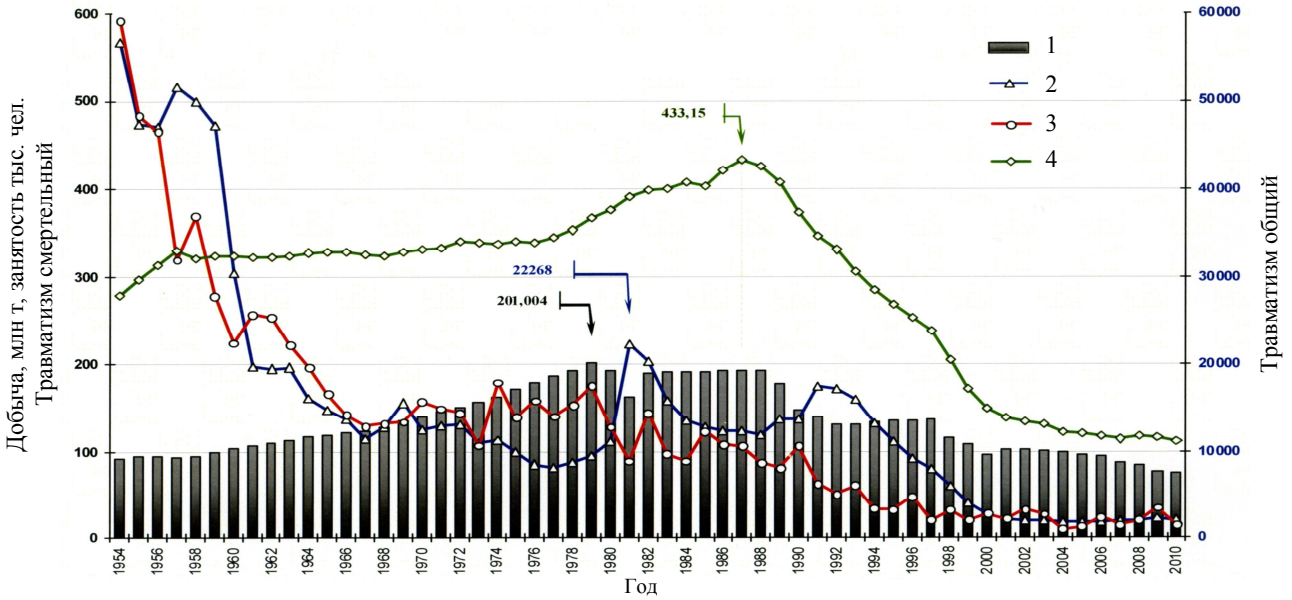


Рис.1. Добыча, травматизм и занятость на каменноугольных шахтах за 1954-2010 гг. [4]
1 – добыча, млн т; 2 – травматизм общий; 3 – травматизм смертельный; 4 – занятость, тыс. чел.

DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

Из графиков на рис.1 видно, что локальные экстремумы (максимумы) общего травматизма не связаны со скачкообразным изменением числа смертельных случаев, где причиной являются катастрофы. Не связаны они также с ростом численности и добычей. Локальные максимумы травматизма отмечаются в 1981 г. при росте занятости, а в 1991 г. при ее уменьшении.

На экстремумы (минимумы и максимумы) общего травматизма не влияли ни величины занятости, ни изменения величины добычи. По отношению к величине добычи в 2005 г. наблюдалось снижение травматизма, в 1988 г. – стабильный уровень, а в 1977 и 1967 годах – рост. Занятость до 1967 г. (331 тыс. рабочих), как и в 1977 г. (334 тыс. чел.) удерживалась примерно на одном уровне, в 1988 году достигла максимума (свыше 400 тыс. чел.), в 2005 г. (121 тыс. чел.) появилась некоторая тенденция к снижению.

Характерным является и то, что в 1988 г. общий травматизм (11904 случая) был выше в 1977 г. (8127 случаев) при примерно равных объемах добычи (183 и 186 млн.т), но при большей величине занятости (425 и 344 тыс. рабочих).

Из приведенных цифр следует, что одновременно с техническим прогрессом необязательно снижение уровня травматизма, а достигнутое снижение общего травматизма может быт нестабильным. Также возможна ситуация, когда тенденция снижения случаев общего травматизма, наблюдаемая в 2000-е годы, в ближайшем будущем возрастет, а минимумы и максимумы в будущем могут превышать значения предыдущих периодов.

Уровень безопасности на предприятиях до настоящего времени оценивался на основании величин коэффициентов травматизма. Это коэффициенты частоты травматизма W_Z, W_T и W_G, коэффициент тяжести случая C и обобщенный показатель потерь W_{US}. Подбор показателей травматизма для оценки его уровня, как правило, произвольный, поскольку не существует правил, какой и когда показатель должны применяться. Официальная статистика публикует значения показателей W_Z и C. При анализе травматизма чаще других используют показатель W_Z, поскольку он касается практически любой области хозяйственной деятельности. Тенденция изменений значений этого показателя редко связывается с коэффициентом C.

Обобщенный показатель потерь [8], определяемый в польской литературе как превентивный коэффициент травматизма, применяется при анализе травматизма весьма редко. Он достаточно специфичен, поскольку его составляющими являются элементы профессионального риска – частота и тяжесть травматизма. На практике анализ травматизма обычно выполняется для определенных периодов, обычно пять лет, а зависимости коэффициентов представляются на графиках отдельно или совместно.

Полная динамика значений показателей травматизма для периода реструктуризации угольных шахт Польши в период 1993-2010 гг. представлена на рис.2 [4]. Этот период весьма важен

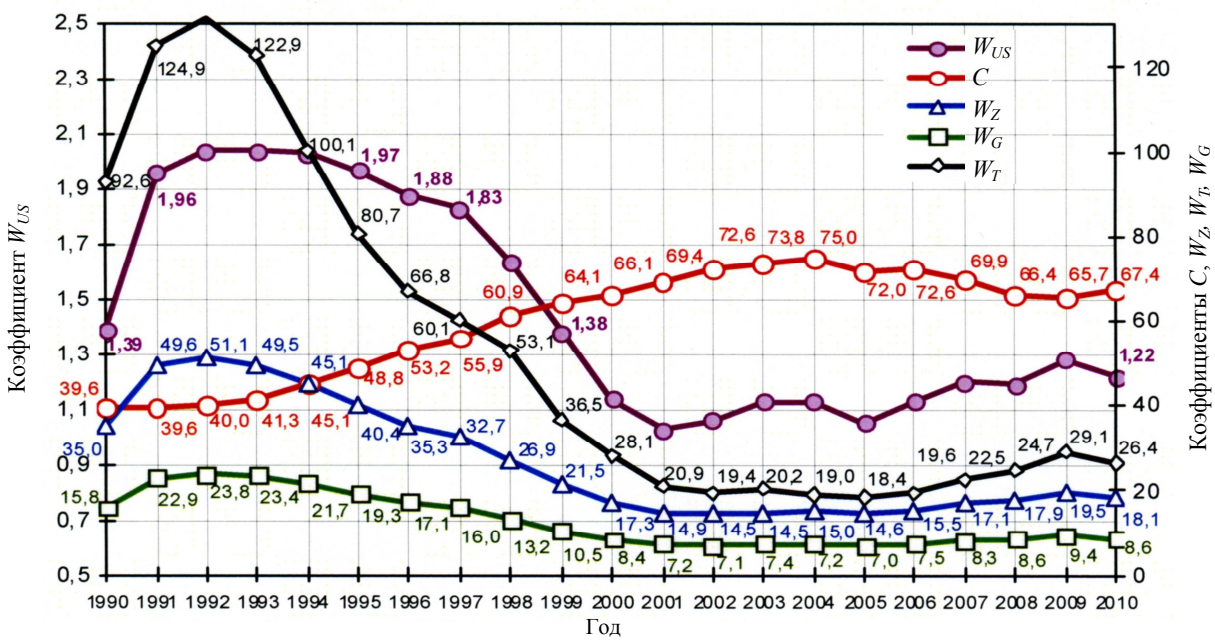


Рис.2. Коэффициенты травматизма в период реструктуризации [4]

DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

для перемен в угольной промышленности, поскольку именно тогда происходил переход от административно-распределительной системы к рыночным отношениям, что являлось предметом анализа публикаций в области экономики, социологии, безопасности труда и т.п.

Для обзора значений показателей травматизма использовали коэффициенты:

$$C = \frac{D_S}{W - W_{sm}};\ W_Z = \frac{W}{Z}\cdot 10^3;\ W_G = \frac{W}{D}\cdot 10^5;\ W_T = \frac{W}{T}\cdot 10^3;\ W_{US} = W_Z 10^{-3} C,$$

где C – тяжесть травматизма; W – общее количество несчастных случаев, W_Z – на 1000 рабочих, W_G – на 100 000 человеко-смен, W_T – на 1 млн т; W_{US} – обобщенный показатель потерь; W_{sm} – число смертельных несчастных случаев; Z – численность трудящихся на предприятии; D – число отработанных человеко-смен; T – объем обогащенного(товарного) угля; D_S – число рабочих смен, потерянных из-за травматизма.

При оценке уровня безопасности для этого периода наблюдается позитивная тенденция уменьшения значений показателей частоты травматизма в 1992-2003 гг. и негативное нарастание значений показателя тяжести случаев травматизма.

В многоэтапных исследованиях автора [1-6, 7] оценки показателей уровня безопасности труда в угольных шахтах в период реструктуризации проведено сравнение величин коэффициентов W_Z, C, W_{US} по угольным шахтам за 1954-2010 гг. (рис.3). В этом широком временном диапазоне отмечены специфические зависимости между коэффициентами частоты и тяжести травматизма, которые не были ранее отмечены и описаны в специальной литературе. При росте частоты травматизма (коэффициент W_Z) тяжесть снижается (коэффициент C), а при снижении частоты растет тяжесть травматизма. Отмечены определенные периоды в ретроспективе – 2004-1991, 1991-1981, 1991-1977 и т.д. Существует также сходство кривых динамики коэффициентов W_Z, W_{US}.

Методология и методы исследования. *Понятие риска травматизма*. Для более однозначной оценки уровня безопасности труда при помощи метода коэффициентов предлагается ввести в практику понятие «риск травматизма» [1-3, 6]. Этот термин используется в профессиональной литературе, однако в нормативных и правовых документах (законы, подзаконные акты, распоряжения, нормы и т.п.) не используется как официальный термин и юридическое понятие. Чаще всего термин используется при описании или оценке травматизма, состояния уровня травматизма, профилактики и т.п. Термин выражается, как правило, в сравнениях (большой, малый, улучшение, ухудшение и т.п.), или значениями показателя общей частоты, числом тяжких (смертельных) случаев или же другим общепринятым способом. Риск травматизма часто соотносится с понятием профессионального риска.

Согласно польским нормам, вероятность события, как и его последствия, оценивается и определяется по трех- или пятибальной шкале. Для вероятности и потерь не существует единой методики определения. Источником данных часто является статистика, где потери соотносятся к случаям травматизма по их последствиям (тяжкие, смертельные), а вероятность – к показателю W_Z. Таким образом, обоснованным является принятие к использованию определения «*риск травматизма – это частота неблагоприятных событий, связанных с выполняемой работой, приводящих к потерям трудоспособности и здоровья рабочими и, как следствие, к неспособности выполнения работы из-за активизации опасности*».

Определение может быть описано выражением:

$$R_W = W_Z C = \frac{W}{Z}\cdot 10^3 \frac{D_S}{W\text{-}W_{sm}} \approx \frac{D_S}{Z}\cdot 10^3.$$

Математическим аналогом общего показателя травматизма W_{US} является коэффициент риска травматизма R_W. Определение его составляющих не требует проведения дополнительных действий и расчетов в статистике травматизма, поскольку они публикуются в стандартном виде.

Результаты и обсуждение. *Методы анализа и оценки риска травматизма*. Примерный, применяемый в настоящее время способ представления данных для оценки уровня травматизма

DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

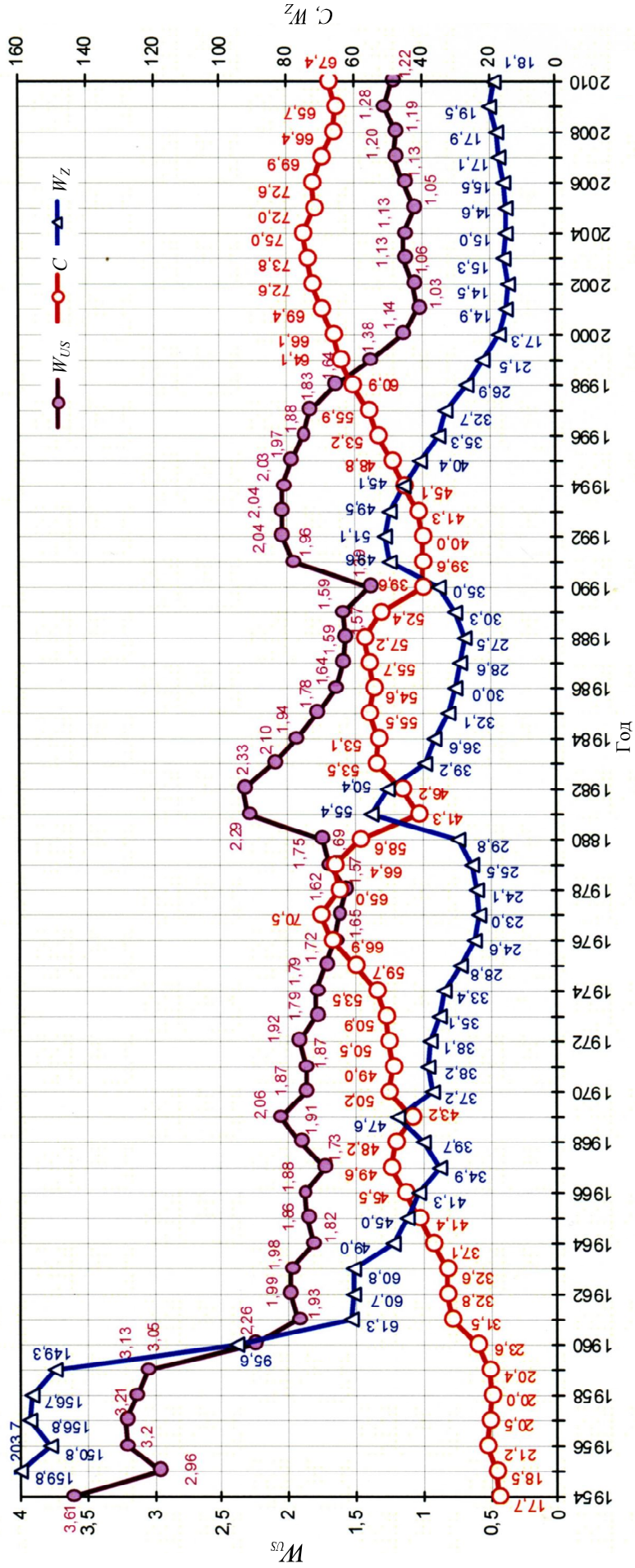


Рис.3. Тенденция изменения коэффициентов травматизма W_Z, C, W_{US} каменноугольных шахт за 1954-2010 гг. [4]

DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

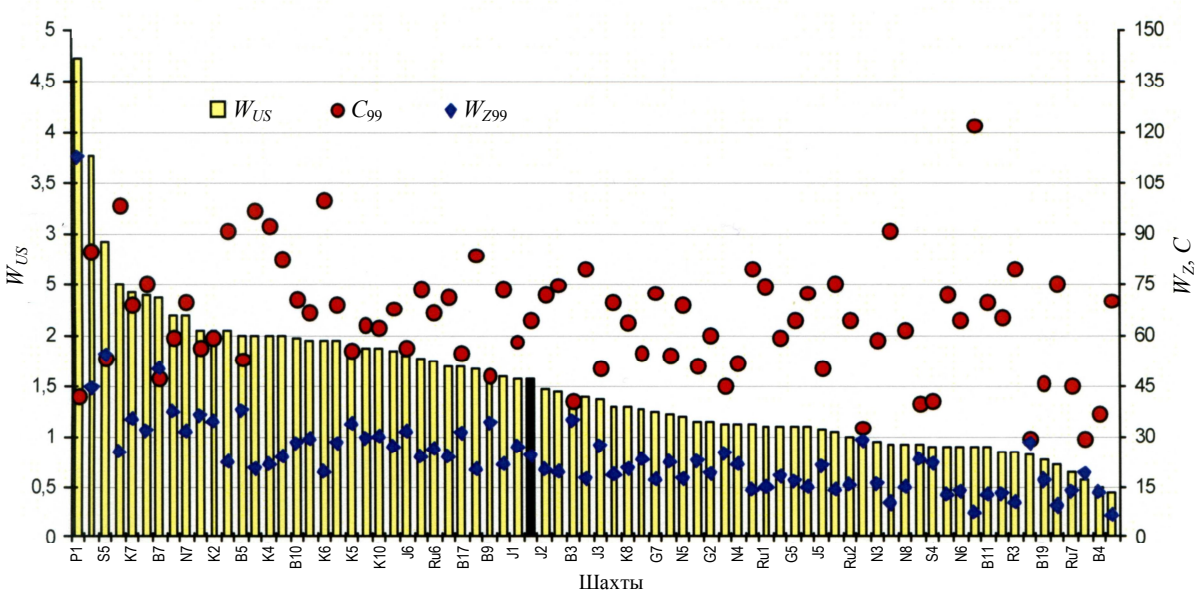


Рис.4. Распределение значений обобщенного коэффициента потерь (в убывающем порядке) и его составляющих W_Z и C для угольной шахты за 1999 г.

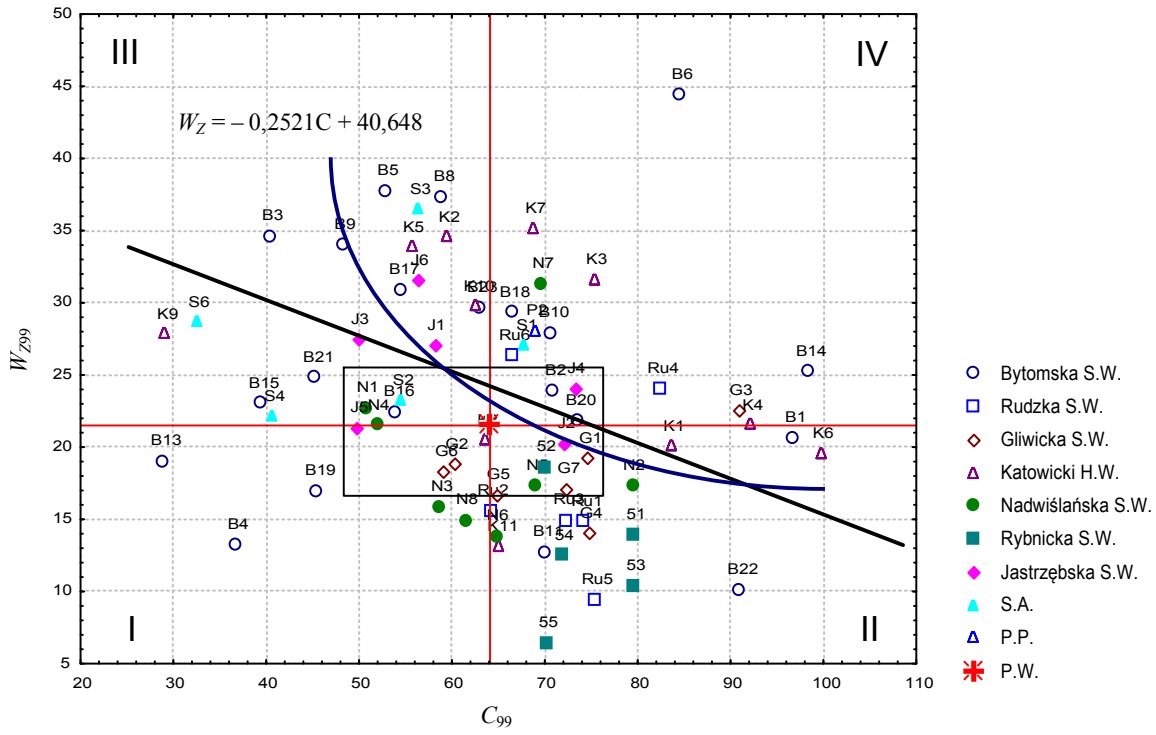


Рис.5. Риск травматизма на угольных шахтах различных производственных объединений в 1999 г. [2, 3, 8]

(риска травматизма) в угольной шахте приведен на рис.4, где на одном графике представлены значения коэффициента W_{US}, систематизированные по уменьшению и, соответственно, значения его составляющих W_Z и C. Интерпретация коэффициента W_{US} по его составляющим W_Z и C является сложной и неоднозначной, что может приводить к неоднозначным выводам и делает невозможным сравнение для различных периодов. Это, в свою очередь, приводит к тому, что коэффициент этот редко используется для формальной оценки травматизма и не находит широкого практического применения.

Риск травматизма R_W и значения его составляющих W_Z и C можно представить другим способом, отличным от вышеприведенного. Вписывая в систему прямоугольных координат W_Z и C соответствующие значения составляющих по отдельным шахтам за данный год, получим точки, определяющие риск травматизма в этих шахтах [3, 7] (рис.5). Таким образом, одной точкой на

DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

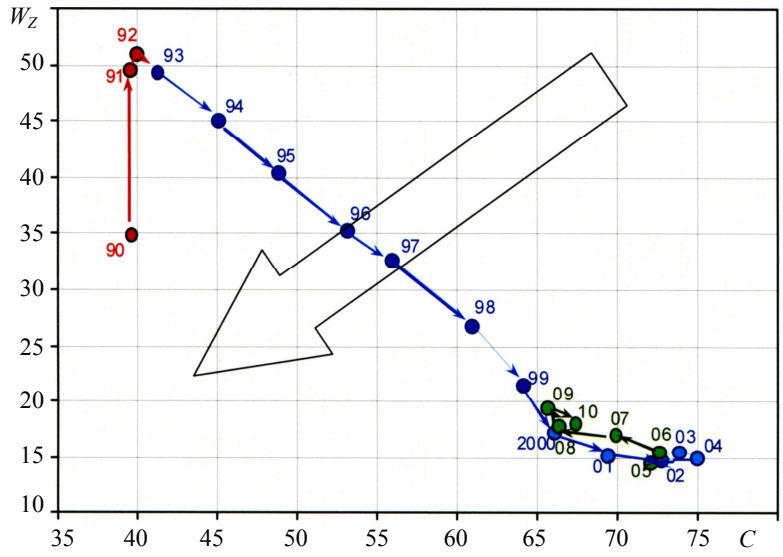


Рис.6. Тенденция изменения значений риска травматизма $R_W(W_Z,C)$ на шахтах в 1990-2010 гг. [3, 4]

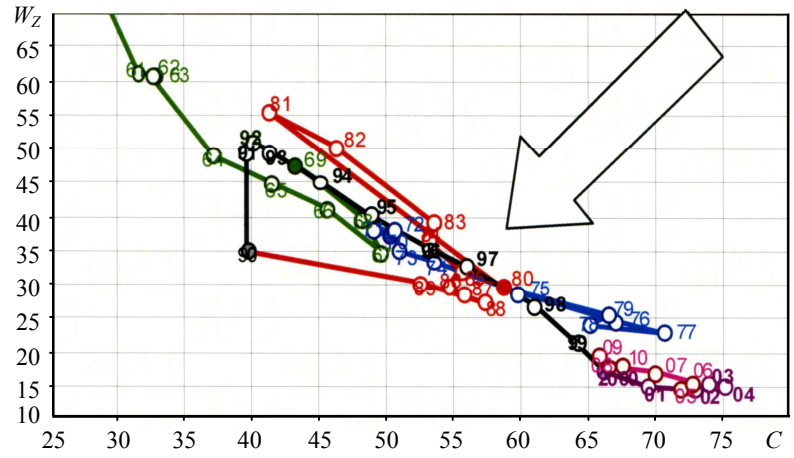


Рис.7. Тренд изменений величины риска травматизма $R_W(W_Z, C)$ на угольных шахтах за период 1960-2010 гг.

рис.5 определены три параметра риска травматизма, частоты и тяжести случаев для данного предприятия – угольной шахты, что представляется более наглядным и однозначным, чем на рис.4.

Средние значения риска травматизма можно определить:

- при помощи среднеарифметического R_W, где составляющие (средние значения коэффициентов W_Z и C) делят поле координат на четыре квадранта (I-IV) значения риска травматизма;
- при помощи прямой линии тренда (средней величины), делящей поле на большие и меньшие значения риска травматизма;
- при помощи гиперболической кривой, делящей поле на большие и меньшие значения риска травматизма.

Тенденции и тренды величин риска травматизма за определенный период (реструктуризации) можно представить в системе прямоугольных координат в виде кривой функции его составляющих $R_W(W_Z,C)$ (рис.6). На рис.6 стрелки соединяют точки значений риска за очередной год, формируя кривую тенденции риска травматизма. Стрелка на графике указывает гипотетический позитивный тренд уменьшения риска травматизма на основе положения, что каждый случай травматизма – величина случайная и тем самым случайной величиной становится и тяжесть полученных травм (дни травматической реабилитации).

Предполагается, что уменьшение частоты и количества случаев травматизма случайным образом уменьшает число случаев с короткой или длительной посттравматической реабилитацией, и тяжесть их будет уменьшаться. Такой тезис был принят в исследованиях автора в 2000 г. [6, 7], но не нашел подтверждения, поскольку проявилась тенденция развития травматического риска в сторону уменьшения частоты W_Z- и возрастания тяжести случаев $C+$. После 2000 г. тенденция риска травматизма изменялась петлеобразно, демонстрируя новое качество зависимости (рис.6). При расширении сроков исследований до 1990 г., а затем и до 1954 г. были получены неожиданные результаты.

При построении кривых значений коэффициента травматизма за 1954-2010 гг. проявилась их многократная цикличность. Представление кривой риска травматизма в период от 1960 г. (рис.7) подтверждает тенденцию многократной цикличности в виде многократного петлеобразования на кривой R_W. В естественных науках такой вид зависимости актуального состояния системы от состояний в предшествующие моменты носит название гистерезиса. В случае отсутствия петли гистерезиса график представляет только отдельную часть кривой и может выглядеть даже как линейная зависимость.

DOI 10.18454/PMI.2016.6.869

Ранее в специальной литературе как в Польше, так и в других странах не описан и не представлен в подобной форме риск травматизма как функция $f(C, W_Z)$. Не отмечалось и не описывалось петлеобразование кривых графиков риска травматизма, имеющих характер гистерезиса. Подобное графическое отображение изменений риска травматизма представляется впервые, а указанная зависимость установлена на основании официальных данных числа травматизма работников угольных шахт.

Тенденция изменения кривой риска травматизма с учетом петлеобразования приобретает схожесть с гиперболической функцией. Кривая демонстрирует четкую тенденцию приближения и удаления в направлении нулевого значения, что в исследованиях автора принимается как позитивный тренд снижения риска травматизма. Зафиксировано как правостороннее, так и левостороннее петлеобразование.

Гистерезис риска травматизма наблюдается не только в период реструктуризации угольной промышленности, но и до начала этого периода. Он является зависимостью, характерной как для планового хозяйства, так и для свободной рыночной экономики. Не исключается его проявление и в будущем, что дает возможность его прогнозирования.

Выводы

1. Параметры, используемые в оценке травматизма, такие как добыча, занятость и травматизм, как для периода реструктуризации угольных шахт Польши в 1993-2010 гг., так и в предыдущие годы, начиная с 1954 г., демонстрируют значительное непостоянство значений, однако дают возможность выделить одинаковые значения в разные годы и определяет характерные циклы. Например, добыча и занятость в 1989 и 1976 гг. были примерно на одинаковом уровне, в то время как травматизм в 1976 г. был значительно ниже, чем в 1989 г., несмотря на технический прогресс.

2. Коэффициент частоты травматизма на 1000 работников и коэффициент тяжести случаев травматизма демонстрируют обратную зависимость, т.е. когда частота травматизма растет, то тяжесть случаев уменьшается и наоборот. Для этих изменений также можно выделить характерные периоды времени – циклы.

3. Прежний способ оценки травматизма при помощи метода коэффициентов демонстрирует достаточно произвольный характер используемых коэффициентов, периодов анализа, способа представления результатов, вследствие чего выводы по результатам оценки могут быть неоднозначными и приводить к ошибочным заключениям.

4. Новый способ оценки риска травматизма R_W не требует введения новых коэффициентов, а только однозначного использования коэффициента частоты травматизма W_Z и коэффициента тяжести C для проведения анализа и соответствующей интерпретации результатов.

5. Проведенная оценка риска травматизма на примере угольных шахт может найти применение и в других отраслях, а также быть использована, например, в международном сравнении угледобывающих отраслей.

6. Новый способ оценки риска травматизма выявил ранее не описанную в специальной литературе зависимость, названную гистерезисом риска травматизма.

7. Анализ риска травматизма, выполненный для периода реструктуризации угольных шахт Польши в период 1993-2010 гг. показал, что этот период недостаточен для получения достоверных результатов, необходимо, чтобы текущий анализ за каждый очередной год проводился с учетом линии гистерезиса с 1960 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Парханьски Ю.* Коэффициентная оценка риска производственного травматизма на примере опыта польских каменноугольных шахт // Сборник научных трудов Международного форума-конкурса «Проблемы недропользования» / Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2009. С. 43-46.

2. *Парханьски Ю.* Метод коэффициентной оценки риска производственного травматизма как дополнение оценки профессионального риска // Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции «Геотехнологии и управление производством XXI века». Донецк, 2007. С. 245-260.

DOI *10.18454/PMI.2016.6.869*

3. *Парханьски Ю.* Системный подход для коэффициентной оценки риска несчастных случаев на примере каменноугольных шахт Польши // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск. Безопасность. 2006. С.120-128.

4. *Парханьски Ю.* Травматизм работников угольных шахт в период реструктуризации на шахтах Польши // Сборник научных трудов форума-конкурса молодых ученых «Проблемы недропользования». Ч. 1 / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. С. 102-105.

5. *Парханьски Ю.* Травматизм трудящихся на каменноугольных шахтах Польши в период реструктуризации (1993-2005)// Записки Горного института. 2009. Т. 180. С. 36-42.

6. *Парханьски Ю.* Метод оценки сравнительного риска аварии // Здоровье и безопасность в горнодобывающей промышленности в странах Центральной и Восточной Европы: Материалы Международной конференции. Сосновец, февраль 2001 [на польском языке].

7. *Парханьски Ю.* Оценка риска аварии – графический метод // Научные труды Силезского технологического университета. Серия «Горное дело». Т. 250. Гливице, 2001. С. 165-173 [на польском языке].

8. *Черкасов Г.А.* Условия труда: анализ, пути совершенствования / Г.А.Черкасов, Ф.А.Громов. М.: Профиздат. 1974. 173 с.

Автор **Ю.Парханьски,** *доктор-инженер*, *Jozef.W.Parchanski@polsl.pl* (*Силезский технический университет*, *Гливице*, *Польша*).

Статья принята к публикации 30.09.2016.