

Безопасность добычи угля в показателях риска

Е.А. Хамидуллина, доцент, канд. хим. наук

С.С. Тимофеева, заведующая кафедрой, профессор, д-р техн. наук

Г.И. Смирнов, аспирант

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

e-mail: timofeeva@istu.edu

Ключевые слова:

смертельные несчастные случаи,
социальный риск,
F/N кривые,
показатель допустимости риска,
добыча угля,
шахта.

Цель статьи – оценить опасность шахтной добычи угля в показателях риска. Построены F/N кривые за период 70 лет (1943–2012) и 21 год (1992–2012) на основе статистической информации, демонстрирующие серьезность и частоту смертельных несчастных случаев при добыче угля. Выполнено сравнение построенных F/N кривых с критериями допустимого риска, свидетельствующее о недопустимо высоком уровне социального риска шахтной добычи угля.

1. Введение

Уровень аварийности и травматизма на производстве выступает мерой благополучия общества (один из критериев) или, наоборот, показателем негативности, фактором, характеризующим условия защищенности/незащищенности работающего человека от воздействия опасных производственных факторов, аварийных ситуаций и их последствий. Риск производственной деятельности количественно можно выражать по-разному. Одним из таких количественных показателей является FAR (*Fatal Accident Rate*), характеризующий частоту аварий со смертельным исходом. Показатель FAR отражает количество смертельных исходов в течение 10^8 ч воздействия вероятных аварийных факторов на здоровье 1000 человек. В табл. 1 приведено сравнение различных видов деятельности по показателю FAR по материалам [1]. В России при анализе аварийности и травматизма FAR используется редко. В России чаще употребляются коэффициенты частоты травматизма (K_q), смертельного травматизма ($K_{q_{см}}$), тяжести травматизма (K_r). Эти показатели за 2012 г. [2] по отдельным видам деятельности составили:

Таблица 1

Fatal Accident Rate для различных видов деятельности

Вид деятельности	FAR за 10^8 ч
Добыча угля	7,3
Строительство	5,0
Сельское хозяйство	3,7
Химическая промышленность	1,2

- по России в целом $K_q = 1,9$; $K_{q_{см}} = 0,084$;
- в добыче полезных ископаемых — 2,3 и 0,205 соответственно;
- строительстве — 2,5 и 0,231 соответственно;
- сельском хозяйстве — 2,9 и 0,153 соответственно.

В добывающих отраслях более адекватны удельные показатели травматизма, т. е. количество погибших/пострадавших, отнесенное к количеству добытого сырья. Так, в 2012 г. удельный показатель смертельного травматизма в угольной промышленности составил 0,101 чел./млн т [3].

Другими показателями риска являются показатели индивидуального, социального и коллективного риска. *Индивидуальный риск* — это вероятность для человека попасть в нежелательную ситуацию (пострадать от воздействия неблагоприятных, опасных факторов).

Социальный риск характеризует те же угрозы для группы людей одновременно. Поскольку группу людей нельзя выразить одним числом, социальный риск выражают графически как зависимость частоты нежелательных событий, в которых погибло (пострадало) не менее N человек, от этого числа N . Это графическое выражение социального риска называют F/N диаграммой. Значения F на диаграмме — это частота происшествий (год), $F(1)$ — это частота происшествий с 1 и более погибших или, другими словами, полная частота фатальных происшествий за рассматриваемый период времени. На F/N диаграмме это крайняя левая точка, где кривая пересекает

вертикальную ось. Разность между частотой происшествий с N и более смертями $F(N)$ и частотой происшествий с $(N + 1)$ и более смертями, т. е. $F(N + 1)$, есть частота происшествий с N погибшими, обычно обозначаемая как $f(N)$. Поскольку $f(N)$ всегда величина неотрицательная, то $F(N) \geq F(N + 1)$ для всех N и, следовательно, F/N диаграмма — это невозрастающая кривая. Чем ниже F/N кривая расположена на диаграмме, тем безопаснее рассматриваемая система. Можно рассчитать частоту происшествий с точно N смертями $f(N)$ из соответствующей F/N кривой и, наоборот, можно рассчитать F/N кривую из значений $f(N)$ путем суммирования этих частот, начиная с $f(1)$.

Существует два основных метода построения F/N кривой. *Первый* — построение непосредственно из эмпирических данных по частоте происшествий в прошлом. *Второй* — моделирование аварийных ситуаций, прогнозирование количества пострадавших в них и использование вероятностной модели для оценки частот.

Для построения эмпирической F/N кривой требуются специфические статистические данные. Обычных данных статистических отчетов, а именно, суммарного количества происшествий и количества пострадавших в них, здесь недостаточно. Необходимо знать точную цифру погибших в каждом происшествии в рассматриваемый период. Более того, чтобы получить достоверную кривую, учитывающую происшествия с тяжелыми последствиями, необходимы данные за большой период времени.

Добыча угля относится к числу самых травмоопасных и вредных производств. Удельный вес работников угольных шахт, работающих в условиях, не отвечающих государственным нормативным требованиям, один из самых высоких. Коэффициент частоты травматизма на шахтах в среднем за последние десять лет равен 10–20, что существенно выше аналогичных показателей других отраслей промышленности и в 3–5 раз выше, чем на лучших зарубежных угольных предприятиях [4]. Все это формирует высокие индивидуальные и социальные риски, приводящие к большим человеческим потерям и снижению эффективности труда.

2. Риски при шахтной добыче угля

Цель данной работы — в показателях риска оценить опасность шахтной добычи угля. Поскольку добыча угля связана со специфическими условиями труда (подземная работа), любая аварийная ситуация сразу ставит под угрозу жизнь многих людей одновременно. Таким образом, целесообразной становится оценка социального риска.

В работе выполнена оценка социального риска в угольной промышленности России (при добыче

угля) за период 70 лет (1943–2012 гг.) и 21 год после распада СССР. Используются данные об аварийности при добыче угля за 70 лет с 1943 г. по 2012 г. по материалам *MiningWiki* — свободной шахтёрской энциклопедии [5]. Кроме этого исходными данными послужили бюллетени Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, представленные на сайте www.safety.ru [6] и в [7]. При этом мы понимаем, что статистическая информация за отдаленные периоды времени может быть не полной и, следовательно, выполненные оценки риска могут рассматриваться как приближительные.

Для анализа отбиралась информация об авариях, сопровождавшихся гибелью людей на шахтах, и не рассматривались несчастные случаи, не связанные с авариями. Таким образом, выполненные оценки отражают социальный риск гибели и не затрагивают травмирование людей при производстве работ.

В табл. 2 представлены обобщенные статистические данные по смертности при добыче угля за оба рассматриваемых промежутка времени. Как видно из этой таблицы, за рассматриваемый 70-летний период общее количество аварийных ситуаций с гибелью людей составило 146 случаев, т. е. около двух аварий в год со средним количеством погибших за год 25 человек и, следовательно, 12 (13) погибших в каждом случае. Следует отметить, что по имеющимся данным частота смертельных инцидентов за последний 21 год увеличилась почти до 5 случаев в год, и почти вдвое выросло количество погибших за год, составив в среднем почти 40 человек. Но при этом сократилось количество погибших на один смертельный несчастный случай при авариях.

В табл. 3 показано, что в большинстве аварий количество погибших составило 2–9 человек. При этом

Таблица 2
Исходные статистические данные по авариям и несчастным случаям при добыче угля в периоды 1943–2012 гг., 1992–2012 гг.

Показатель	1943–2012 гг.	1992–2012 гг.
Общее количество аварий с гибелью людей	146	99
Общее количество погибших в рассматриваемых авариях	1751	834
Количество аварий с гибелью людей в среднем за год	2,09	4,71
Количество погибших в авариях в среднем за год	25,01	39,71
Количество погибших в среднем на 1 аварию	11,99	8,42
Количество аварий с не менее чем 10 погибшими	46	20
Количество погибших в худшем случае	120	110

Таблица 3
Пропорции аварий с количеством погибших в заданном интервале

Количество погибших	1942–2012 гг.		1992–2012 гг.	
	Количество случаев	% от общего числа	Количество случаев	% от общего числа
1	13	8,90	13	13,13
2–9	87	59,59	67	67,68
10–49	38	26,03	16	16,16
≥ 50	8	5,48	3	3,03

за последний 21 год относительное количество таких аварий увеличилось, снижая долю аварий с большим числом погибших.

За 70-летний период (табл. 2) произошло 46 аварий с количеством погибших 10 человек и более и почти половина от этого количества за последний 21 год. Некоторые детали этих аварий представлены в табл. 5. Наиболее крупная авария произошла 16.02.1944 г. на шахте «Байдаевская», г. Новокузнецк, Кемеровская область, где в результате взрыва метана погибли 120 шахтеров. В истории новой России наиболее тяжелыми можно считать катастрофы на шахте «Ульяновская», где 19.03.2007 г. в результате серии взрывов метано-воздушной смеси погибли 110 шахтеров и 8 человек были травмированы, и 8–9 мая 2010 г. на шахте «Распадская», где в результате взрыва газа 91 человек погиб, а 138 были травмированы.

Исходные данные, необходимые для расчета и построения F/N диаграммы, представлены в табл. 4. Путем деления количества несчастных случаев на ко-

Таблица 4
Исходные данные для построения F/N диаграммы за 70-летний период (1943–2012 гг.)

Количество погибших, N, человек	Количество аварий с числом погибших N	Количество погибших, N, человек	Количество аварий с числом погибших N	Количество погибших, N, человек	Количество аварий с числом погибших N
1	13	15	1	35	1
2	30	17	1	37	1
3	21	18	1	39	1
4	12	19	3	47	1
5	9	20	1	48	1
6	6	21	1	50	1
7	4	23	1	53	1
8	1	24	1	56	1
9	4	25	3	59	1
10	4	26	2	67	1
11	2	27	2	91	1
12	6	28	2	110	1
13	1	34	1	120	1

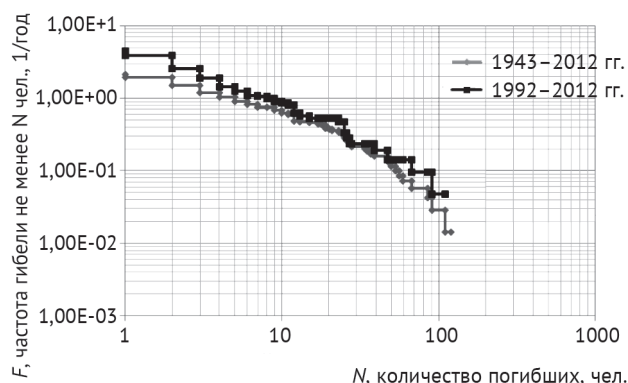


Рис. 1. Социальный риск (F/N диаграмма) при добыче угля в периоды 1943–2012 гг., 1992–2012 гг.

личество рассматриваемых лет мы получили частоту события. $F(N)$ -частоты рассчитали, исходя из $f(N)$.

На рис. 1 представлены полученные F/N кривые за 70-летний и 21-летний периоды. Крайние левые точки на этих кривых — это частота всех аварий с гибелью людей — 146 за 70 лет и 99 — за 21 год. Как видно из рис. 1, кривые почти «параллельны» друг другу, но в разных точках пересекают вертикальную ось, что отражает аналогичное распределение частот по смертельным случаям в авариях, но различные полные частоты в них. Как видно, 21-летняя F/N кривая лежит выше 70-летней, что свидетельствует о повышении уровня группового травматизма при добыче угля в современной России.

Следует отметить, что высказанные предположения относятся только к групповому травматизму, формирующему социальный риск, в то время как показатели удельного травматизма говорят об уменьшении стоимости угля в человеческих жизнях. Согласно [8], показатель удельного травматизма в 1985–1991 гг. составлял в среднем 0,53 чел./млн т, в 1992–2007 гг. — 0,57 чел./млн т и за период 1996–2011 гг. — 0,42 [6]. Максимальное значение 0,99 чел./млн т достигнуто в 1997 г. и минимальное 0,13 чел./млн т в 2011 г.

Общепринятых и однозначных критериев допустимости социального риска в мире, в том числе и России, нет. Разные страны используют различные подходы, зависящие от видов опасности, от категории реципиентов, от добровольности принятия риска и от других факторов. Так, в Нидерландах ориентировочно верхний допустимый уровень социального риска для населения, проживающего рядом с опасным объектом, определен как $10^{-3}/N^2$, т. е. для гибели одного человека допускается частота 10^{-3} 1/год, а для гибели 10 человек допустимым будет в 100 раз меньший риск [9]. Таким образом, критериальная кривая включает фактор неприятия риска и имеет наклон, равный 2. Как известно, фактор неприятия риска отражает тот факт, что люди более негативно

Аварии на шахтах России (1943–2012 гг.) с количеством погибших 10 и более человек

Дата	Причины аварии, место аварии	Количество погибших /травмированных
02.06.1943	Взрыв газа и угольной пыли на шахте «Сангарская» (Якутия)	Погибли 24 человека
01.08.1943	На шахте № 4/6 г. Копейска (Челябинская область) во время взрывных работ в забое конвейерного штрека загорелись огнепроводный шнур, воздухопроводный шланг, а затем уголь. В результате лава была загазована	12 человек погибли, 18 госпитализированы
16.02.1944	Взрыв метана на шахте «Байдаевская» (г. Новокузнецк, Кемеровская область)	Погибли 120 человек
02.01.1945	Взрыв угольной пыли на шахте имени К. Е. Ворошилова треста «Прокопьевскуголь»	28 погибших
01.03.1947	Прорыв паводковых вод в шахту № 22 г. Копейска (Челябинская область)	Погибли 12 горняков
12.06.1947	Взрыв метана на шахте «Центральная» (Кемерово)	Погиб 21 человек, из них 19 горноспасателей
11.09.1947	Взрыв метана на шахте «Северная» (Кемерово)	53 погибших
25.09.1948	Пожар в шахте № 20 треста «Болоховуголь» (Подмосковный угольный бассейн)	Погибли 56 шахтеров, среди которых 13 женщин
15.12.1948	Прорыв пульпы на шахте «Северная» (Кемерово)	Погибли 19 человек
19.11.1949	Пожар на Бруснянской шахте № 3 (Узловский район, Тульская область) во время монтажа водяного трубопровода в районе вентствола при ведении сварочных работ	Погибли 19 человек
21.01.1950	Серия взрывов газа в шахте № 11 («Центральная») г. Норильска	Погибли 50 человек
12.10.1950	Пожар на шахте им. 7-го ноября (г. Ленинск-Кузнецкий, Кемеровская область)	48 погибших
27.01.1956	Взрыв газа и угольной пыли на шахте «Юго-Западная» № 3	18 погибших, в том числе 7 женщин, 22 человека травмированы
20.02.1960	Прорыв подземных вод на шахте № 18-бис (г. Еманжелинск, Челябинская область)	Погибли 10 горняков
01.04.1961	Взрыв метана в шахте № 40 (сейчас «Воркутинская») в Воркуте	Погибли 28 человек
18.05.1961	Пожар в шахте им.Кирова, Ленинск-Кузнецкий	Погибли 19 человек
1962	15 взрывов из-за загазовывания очистных и подготовительных выработок на шахтах «Чертинская-Западная» и «Абашевская» № 1 и № 2 Кузбасса	Погибли 37 горнорабочих
12.12.1962	Взрыв метана в забое конвейерного штрека ш. Абашевская-2	Погибли 27 человек
20.02.1964	Взрыв метана на шахте № 1 «Капитальная» (сейчас «Воркутинская») в Воркуте	Погибли 59 шахтёров
04.04.1964	Прорыв пльвуна в наклонном стволе на шахте № 5 (сейчас «Северная» Воркута)	Погибли 17 шахтёров
23.09.1980	Взрыв метана и угольной пыли на шахте «Юр-Шор» (ПО «Воркутауголь»)	Погибли 34 горняка
24.10.1982	Взрыв метана и угольной пыли на шахте «Распадская»	Погибли 18 горняков и 2 горноспасателя
30.01.1984	Взрыв метана и угольной пыли во 2-м районе шахты «Пионерка» (впоследствии ш. «Колмогорская»)	Погибли 35 человек
16.06.1990	Авария на шахте им. Димитрова (г. Новокузнецк, Кемеровская область)	Погибли 12 человек
01.12.1992	Авария на шахте имени Шевякова (Междуреченск, Кемеровская область)	Погибли 25 шахтеров
07.10.1993	Взрыв метана в результате возгорания конвейерной ленты на шахте «Центральная» г. Копейска (Челябинская область)	Погибли 3 шахтера и 23 горноспасателя
31.03.1995	Взрывы метана на шахте «Воркутинская»	Погибли 10 человек, в том числе 5 горноспасателей
01.06.1995	Взрыв метана и пожар во втором поэтажном штреке шахты «Красногорская» г. Прокопьевск	Погибли 6 шахтеров и 3 горноспасателя, тело одного из горняков так и не сумели поднять на поверхность
04.09.1995	Сотрясательное взрывание для снятия напряжений в горных породах спровоцировало газодинамическое явление с последующими взрывами метана и угольной пыли на шахте «Первомайская» в г. Березовском (Кемеровская область)	Погибли 15 человек
18.09.1997	Взрыв метана на шахте рудника «Баренцбург» АО «Арктикуголь» (архипелаг Шпицберген, Норвегия)	Погибли 23 шахтера
02.12.1997	Взрыв метана на шахте «Зыряновская» в Новокузнецке Кемеровской области	Погибли 67 человек

Дата	Причины аварии, место аварии	Количество погибших /травмированных
18.01.1998	Авария на шахте «Центральная» (п. Промышленный, Воркута, Республика Коми)	Погибли 27 человек. Тела 17 горняков не были найдены
21.03.2000	Взрыв метана на шахте «Комсомолец» Кемеровской области	Погибли 12 горноспасателей
15.09.2000	Пожар в АБК шахты «Северная» (г. Воркута) из-за несоблюдения мер безопасности при сварочных работах	Погибли 10 человек
16.06.2003	Взрыв метана на шахте «Зиминка» в г. Прокопьевск Кемеровской области	Погибли 12 горняков
10.04.2004	Авария на шахте «Тайжина» в г. Осинники Кемеровской области	Погибли 47 горняков
28.10.2004	Авария на шахте «Листвяжная» в г. Белово Кемеровской области	Погибли 13 горняков
09.02.2005	Пожар и последующий взрыв метана на шахте «Есаульская» (г. Новокузнецк Кемеровской области)	Погибли 25 шахтеров и горноспасателей, тела трех из них не были найдены
07.09.2006	Пожар в вертикальном стволе шахты «Центральная» Вершино-Дарасунского рудника (Читинская обл.)	Погибли 25 горняков, 36 получили отравления и ожоги
19.03.2007	Серия взрывов метановоздушной смеси на шахте «Ульяновская»	Погибли 110 человек
24.05.2007	Взрыв метановоздушной смеси и угольной пыли на шахте «Юбилейная» в Кемеровской области	Травмированы 47 горняков, из них 39 – смертельно
25.06.2007	Взрыв метана на шахте «Комсомольская» («Воркутауголь»)	Погибли 11 человек
08.05.2010	В результате серии взрывов в шахте «Распадская» возник эндогенный пожар	Погиб 91 шахтер

относятся к авариям, в которых погибает/травмируется одновременно большое количество людей, чем к тем, где погибает/травмируется один человек.

Британский Совет по здоровью и безопасности (*Health and Safety Executive, HSE*) в публикации *Reducing Risk Protecting People (R2P2)* [10] предложил критериальную точку вместо критериальной линии, допускающую 50 и более смертей с частотой 2×10^{-4} 1/год (2001 г.), впоследствии доведенную до линии [11], имеющую наклон, равный 1,5. Общероссийское общество риска в своей Декларации предложило следующие критерии допустимого социального

риска: предельно допустимый уровень социального риска смерти (гибели) N и более человек из населения рекомендуется установить на уровне $10^{-3}/N^2$ в год для новых (вновь проектируемых) объектов и на уровне $10^{-2}/N^2$ в год для действующих объектов [12]. Таким образом, предложенные критерии совпадают с критериями допустимости, принятыми в Нидерландах.

Социальный риск для персонала опасных производственных объектов не регламентируется даже в проектах и декларациях. В [13] высказано предложение снизить требования по отношению к промышленным объектам до 1000 раз в связи с добровольностью риска, защищенностью персонала, обученного действиям в аварийной ситуации. Такая нормативная линия допустимого социального риска для персонала показана на рис. 2 (линия 2).

На рис. 2 сделана попытка сравнить полученную F/N кривую (кривая 1943–2012 гг.) с критериальными линиями допустимости социального риска в России и отдельных промышленно развитых странах. С одной стороны, такое сравнение можно считать вполне уместным, поскольку в результате реформы технического регулирования российское законодательство по промышленной безопасности изменяется в сторону сближения с требованиями безопасности промышленно развитых стран, а с другой — оно практически нереально, так как в странах, использующих этот критерий, он сформулирован для населения, проживающего вблизи опасных промышленных предприятий. Таким образом, построенная F/N кривая сравнивается лишь с прямой 2 (рис. 2).

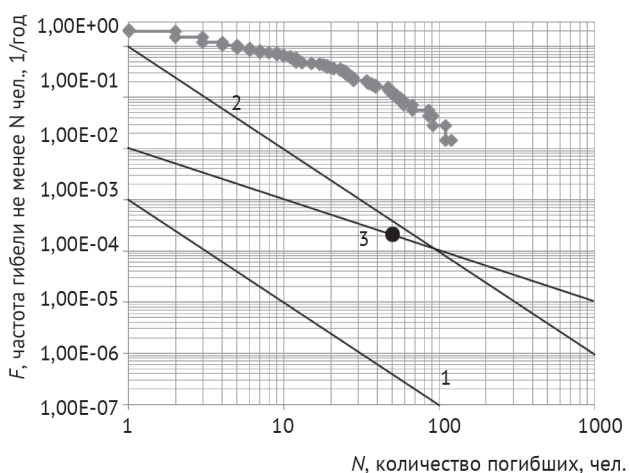


Рис. 2. F/N кривая при добыче угля за 1943–2012 гг. и критерии допустимости социального риска: 1. Критериальная линия Нидерландов (и предлагаемый уровень для России); 2. Возможный критерий России для персонала; 3. Критериальная линия Великобритании (R2P2)

Реальная F/N кривая для добычи угля лежит выше даже такого «ослабленного» нормативного уровня, свидетельствуя об исключительно высоком уровне риска шахтной добычи угля.

3. Заключение

Люди не должны привыкать к таким цифрам. Реальность техногенной опасности должна вызывать адекватное социальное беспокойство, способствующее выполнению обязанностей по обеспечению безопасности всеми участниками трудового процесса.

Переход в результате реформы технического регулирования с предписывающего на целеполагающий подход в обеспечении безопасности предпола-

гает широкое использование показателей риска для контроля уровня безопасности. В таких условиях отсутствие в российском законодательстве однозначных критериев допустимости риска требует их незамедлительного определения как для населения, так и для персонала опасных объектов. При этом жизненно необходимо, чтобы целеполагание владельцев опасных промышленных объектов (ОПО) по получению прибыли совпадало с естественной потребностью граждан в защите их жизни и здоровья и обеспечивало защищенность жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий таких аварий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков А.А., Акимов В.А., Фалеев М.И. Нормативно-экономические модели управления риском // Проблемы анализа риска. — 2004. — Т. 1, № 2. — С. 125–137.
2. Официальный сайт Министерства труда и социальной защиты РФ. <http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/salary/9>.
3. Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. <http://arch.gosnadzor.ru/>.
4. Скударнов С.М., Гридина Е.Б., Пасынков А.В. Управление безопасностью труда на угольных разрезах на основе комплексного анализа риска травматизма с установлением периодичности профилактических мероприятий, направленных на повышение безопасности // Сборник научно-технических работ горных инженеров СУЭК: отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. — 2013. — № 0В2. — С. 278–288.
5. <http://miningwiki.ru>. Свободная шахтерская энциклопедия.
6. <http://ib.safety.ru/>. Официальный сайт ГК «Промышленная безопасность».
7. Гражданкин А.И., Печеркин А.С., Иофис М.А. Угольные катастрофы в исторической России и мире // Безопасность труда в промышленности. — 2011. — № 11. — С. 56–64.
8. Гражданкин А.И. Обеспечение промышленной безопасности на опасных производственных объектах угольной промышленности // Безопасность труда в промышленности. — 2008. — № 2. — С. 17–21.
9. Елохин А.Н. Проблема выбора критериев приемлемого риска // Проблемы анализа риска. — 2004. Т.1, № 2. — С. 138–145.
10. Health and Safety Executive (2001) Reducing risks, protecting people. <http://www.hse.gov.uk/risk/theory/r2p2.pdf>.
11. Трбоевич В.М. Критерии риска в странах ЕС // Проблемы анализа риска. — 2004. — Т.1, № 2. — С. 106–115.
12. Декларация Российского научного общества анализа риска «О предельно допустимых уровнях риска// Проблемы анализа риска. — 2006. — Т. 3, № 2. — С. 162.
13. Воробьев Ю.А., Копылов Н.П., Шебеко Ю.Н. Нормирование риска техногенных ЧС // Проблемы анализа риска. — 2004. — Т. 1, № 2. — С. 116–124.

Coal Production Safety by Risk Indexes

E.A. Khamidullina, Associate Professor, Ph.D. in Chemistry, National Scientific Research Irkutsk State Technical University

S.S. Timofeeva, Head of the Department, Professor, Doctor of Technical Sciences, National Scientific Research Irkutsk State Technical University

G.I. Smirnov, Ph.D. Candidate, National Scientific Research Irkutsk State Technical University

The aim of the article is to assess danger of coal production in mines by risk characteristics. F/N curves for the past 70-years period (1943-2012) and 21-years period (1992-2012) empirically demonstrate the severities and frequencies of fatal accidents in coal mining. The empirical F/N curve is compared to risk tolerability criteria, evidencing unacceptably high level of social risk for coal-mine staff.

Keywords: fatal accidents, social risk, F/N curves, risk tolerability index, coal production, coal mine.