

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.61.21.007

УДК 331.453

© А. И. Фомин, Д. А. Бесперстов, Е.А. Попова, В.А. Петрова, 2025

А. И. ФОМИН

д-р техн. наук, профессор
КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: fomin-ai@kuzbasscot.ru



Д. А. БЕСПЕРСТОВ

канд. техн. наук,
доцент кафедры
КемГУ, г. Кемерово
e-mail: gpnbesperstov@yandex.ru



Е.А. ПОПОВА

канд. техн. наук,
доцент кафедры
КемГУ, г. Кемерово
e-mail: popovakedrovka@gmail.com



В.А. ПЕТРОВА

студент
КемГУ, г. Кемерово
e-mail: valera_petrova@inbox.ru



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ НАСТУПЛЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРОВ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССЕ

В работе определен алгоритм обеспечения безопасности объектов и установлены виды рисков для производственных объектов и близ проживающего населения. Проведенный анализ возникающих для населения опасностей указывает на необходимость рассмотрения негативных рисков техногенного и природного характера. Определена необходимость построения алгоритма оценки и прогнозирования негативных ситуаций на промышленных объектах.

Также в работе представлена общая формула возникновения негативных ситуаций. Выведены дифференциальные уравнения, описывающие социально-экономические риски от пожаров.

В результате проведенных исследований предложена методика оценки и возможного возникновения негативных ситуаций, которая апробирована на примере пожаров Кемеровской области – Кузбасса.

Ключевые слова: БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ, СИСТЕМА РИСКОВ, ОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА, БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ, МЕТОДИКА ОЦЕНКИ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНОСТИ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, РИСК ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Как в Российской Федерации, так и во всём мире производственными предприятиями являются организации, эксплуатирующие потенциально опасные и производственные объекты, имеющие высокий уровень ответственности [1, 2]. Зачастую данные объекты значительно влияют на экономику страны и жизнеобеспечение населения в мирное и военное время [2, 3, 4]. Так, необходимо выделить угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия, так как их технологические процессы связаны со взрывопожароопасным и пожароопасным производством на всех этапах жизнедеятельности: от ввода в эксплуатацию до консервации [5, 6]. Технологические процессы угольных предприятий имеют повышенные риски возникновения пожара в зданиях и сооружениях, что влечет за собой угрозу для работников, а также для близ проживающего населения [7]. К причинам взрывов и пожаров на угольных предприятиях можно отнести:

- образование взрывоопасной метано-воздушной смеси, произошедшее в результате ненадлежащего контроля за ее концентрацией или вследствие обрушения горной породы;

- нарушение требований охраны труда и пожарной безопасности работниками;

- использование технологического оборудования, не исключающего возможность искрообразования;

- нарушение в работе систем взрывозащитности оборудования, неисправности в электросетях;

- ошибки при проведении взрывных работ.

Для того, чтобы снизить вероятность возникновения взрыва или пожара на территории углеперерабатывающего предприятия необходима должная оценка их рисков, основанная на анализ масштаба производственного объекта, а также учитывающая уровень обеспечения его безопасного функционирования в рассматриваемый момент времени.

СИСТЕМА РИСКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В целях обеспечения безопасного функционирования предприятия, необходимо изучение опасностей, возникающих в процессе его деятельности, а также расчет рисков их наступления. Данное позволит управлять системой рисков на производстве, что обеспечит должный уровень защищенности работников от существующих угроз в том числе. Алгоритм обеспечения безопасности объекта представлен на рис. 1.



Рис. 1. Система «Опасность — риск — безопасность»

При реализации данного алгоритма для производственных объектов необходимо учитывать следующие виды рисков:

- потенциальный риск — частота реализации опасных производственных факторов;

- индивидуальный риск — частота воздействия опасных факторов на одного работника;

- социальный риск — частота воздействия на 10 работников опасных производственных факторов;

- риски для населения, проживающего вблизи к опасному объекту — риски в жилой зоне в виде индивидуальных и социальных рисков.

Помимо внутренних источников возникновения опасных факторов на предприятии, существуют и внешние, природного происхождения, которые также необходимо учитывать при обеспечении безопасности на предприятии [8]. К природным источникам опасностей можно отнести:

— подземные толчки (землетрясения), вследствие которых происходит обрушение горной породы;

— внезапные прорывы воды, в результате чего подземные выработки оказываются затопленными;

— сложности в оценке состояния разрабатываемых угольных месторождений: их тектонические нарушения, низкая устойчивость вмещающих пород и наличие многочисленных трещин.

Защита территорий, предприятий, работников и населения от негативных явлений техногенного и природного характера актуальна и за рубежом. Стоит отметить, что в других странах активно исследуются причины и последствия стихийных бедствий, а также способы управления негативными ситуациями, в результате которых возникали значительные социальные потери и экономические ущербы [9, 10, 11, 12].

С учётом вышеизложенного на риски влияет значительное количество опасных факторов: мало предсказуемых — природных и трудно прогнозируемых — техногенных. Данное требует разработки алгоритма оценки и прогнозирования возникновения негативных ситуаций на опасных производственных объектах.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Стоит отметить, что непрерывное развитие промышленности в Российской Федерации влечет за собой увеличение рисков возникновения опасных производственных факторов. Травмирование и гибель работников опасных предприятий возникает вследствие возникновения производственного травматизма, пожаров, взрывов, чрезвычайных ситуаций и т.д., которые являются неотъемлемой частью производства. Для профилактики данных опасных факторов, влияющих на работников опасного объекта, требуется методика, позволяющая объединить ряд параметров с общими признаками,

методика должна быть направлена на мероприятия по предупреждению возникновения негативных ситуаций в пределах предприятия ($R_{\text{нег.}}$). Основой предлагаемого алгоритма (методики) являются статистические показатели возникновения негативной ситуации. Так, исходя из общих понятий расчета рисков, вероятность появления того или иного опасного производственного фактора, являющегося отрицательной ситуацией ($N_{\text{общ.}}$), является отношением возникновения неблагоприятного события ($N_{\text{нег.}}$) к их общей сумме ($N_{\text{общ.}}$) [13].

Условия представлены в виде следующей формулы:

$$R_{\text{нег.}} = \frac{N_{\text{нег.}}}{N_{\text{общ.}}}$$

С учётом того, что на социальный риск влияют различные параметры, соответствующее дифференциальное уравнение, описывающее негативное событие $R_{\text{нег.соц.}}$, будет следующего вида:

$$N_{\text{работн.}} \cdot \frac{dR_{\text{нег.соц.}}}{dt} = N_{\text{гиб.}} + N_{\text{травм.}} - N_{\text{эвак.}} - N_{\text{спас.}}$$

где $N_{\text{работн.}}$ — общее число работников на объекте, чел.; $N_{\text{гиб.}}$ — гибель от пожара, чел.; $N_{\text{травм.}}$ — травмирование от пожаров, чел.; $N_{\text{эвак.}}$ — эвакуировано на пожаре, в том числе с использованием средств индивидуальной и коллективной защиты, чел.; $N_{\text{спас.}}$ — работники, которые спасены при проведении спасательных действий соответствующими службами, чел.; t — интервал времени, во время которого определяется вероятность наступления исследуемого события, год (месяц, неделя и т.д.).

Дифференциальное уравнение, описывающее экономический риск $R_{\text{нег.экон.}}$:

$$N_{\text{объект}} \cdot \frac{dR_{\text{нег.эконом.}}}{dt} = N_{\text{разр.}} + N_{\text{постр.}} - N_{\text{уцелевш.}} - N_{\text{спас.объектов}}$$

где $N_{\text{объект}}$ — здания и сооружения организации, шт.; $N_{\text{разр.}}$ — объектов не подлежащих восстановлению после пожара,

шт.; $N_{\text{постр.}}$ — объекты поврежденных от пожара, шт.; $N_{\text{уцелевш.}}$ — здания с незначительным ущербом от пожаров, шт.; $N_{\text{спас.объектов}}$ — здания и сооружения, спасенные пожарными, шт.

Рассматриваемые дифференциальные уравнения описывают изменение величины рисков от пожаров в определенном интервале времени, также показывают социально-экономические последствия исходя из численности работников, зданий и сооружений угольной организации.

По статистическим показателям возникновения негативных ситуаций от опасных производственных факторов возможно построение графиков. С учётом необходимости достижения максимальной величины достоверности (R^2) строится линия аппроксимации, исходя из которой выводится описательная функция. По данной функции возможно определение предполагаемых рисков, необходимых для разработки профилактических мероприятий. Ранжирование рисков в зависимости от их величины и показателей

достоверности позволит с большей точностью определить перечень предупредительных решений, которые необходимо принять в первую очередь.

Вышеизложенный порядок (методику) можно изложить в виде блок-схемы на рис. 2.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДЛАГАЕМОЙ МЕТОДИКИ

На практике реализуем предлагаемую методику на субъекте Российской Федерации — Кемеровской области — Кузбассе.

На территории Кузбасса расположена половина угольных предприятий страны. Объекты угольной промышленности являются объектами повышенного риска, на которых происходят аварии, взрывы, пожары, случаи производственного травматизма и т.д. Из данных негативных факторов, сопровождающих производство, рассмотрим пожары, так как они отражают наиболее высокие показатели аварийности на шахтах Российской Федерации (табл. 1).

В свою очередь более 50% пожаров на шахтах России происходят не под землёй, а на поверхности (табл. 2).

Из основных причин возникновения пожаров можно выделить сварочные работы, неосторожное обращение с огнём, в том числе при курении, нарушение правил эксплуатации электрооборудования, нарушение технологического процесса.

В связи с тем, что статистические показатели на угольных предприятиях имеют ограниченный доступ, рассмотрим производственный травматизм, чрезвычайные ситуации и пожары на угольных предприятиях Кемеровской области — Кузбасса за десятилетний период времени с 2014 по 2023 годы. За данный промежуток на угольных

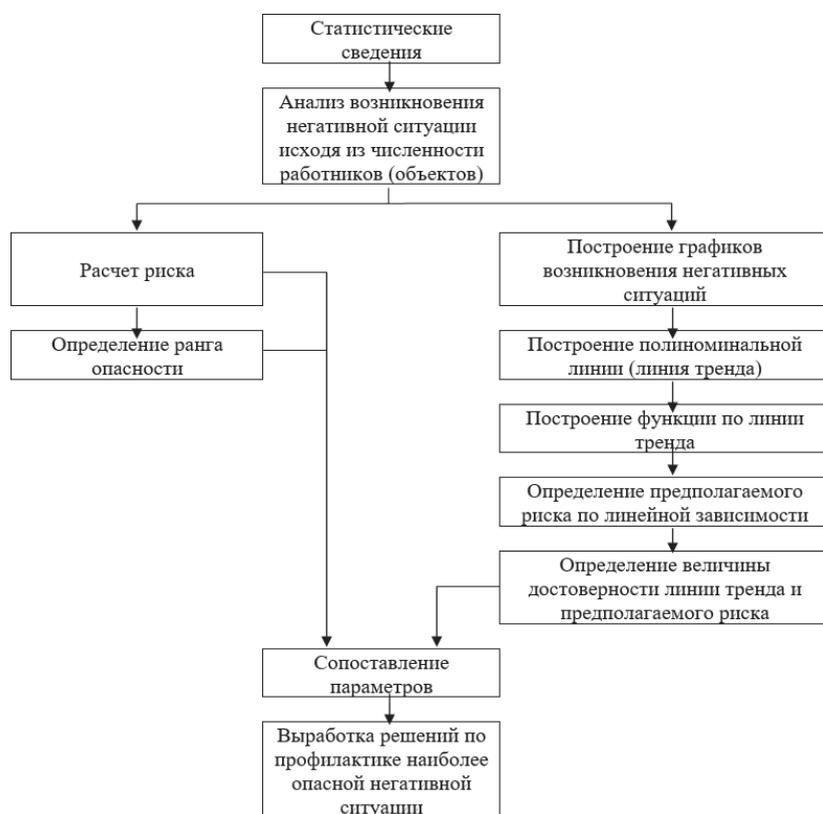


Рис. 2. Оценка и прогнозирование отрицательно складываемых ситуаций

предприятиях Кузбасса погибло от производственного травматизма 211 работников, от чрезвычайных ситуаций 72 работника, от пожаров 1 работник. Общее количество негативных событий ($N_{\text{общ.}}$), связанных с гибелью работников, составило 284 человека.

Таблица 1

Аварийность на шахтах Российской Федерации в 2005–2017 гг.

Год	Виды аварий и инцидентов					
	Всего аварий	Пожары	Взрывы, вспышки газа и пыли	Внезапные выбросы, горные удары	Обрушения	Прочие подземные аварии
2005	81	35	6	2	18	20
2006	75	32	5	1	20	17
2007	83	32	9	0	20	22
2008	49	29	2	0	9	9
2009	50	14	5	1	18	12
2010	52	26	5	0	13	8
2011	38	20	3	2	8	5
2012	29	15	4	1	4	5
2013	37	21	3	0	9	4
2014	28	17	4	0	4	3
2015	27	18	1	0	6	2
2016	20	12	1	0	4	3
2017	34	17	1	1	7	8

Таблица 2

Количество пожаров на шахтах Российской Федерации в 2005–2017 гг.

Год	Вид пожара						
	Всего пожаров	Пожары подземные эндогенные		Пожары подземные экзогенные		Пожары на поверхности	
		Всего	Доля от всех пожаров, %	Всего	Доля от всех пожаров, %	Всего	Доля от всех пожаров, %
2005	35	3	8,6	18	51,4	14	40
2006	32	5	15,7	13	40,6	14	43,7
2007	32	5	15,7	12	37,5	15	46,8
2008	29	4	13,8	8	27,6	17	58,6
2009	14	2	14,3	5	35,7	7	50,0
2010	26	5	19,2	14	53,8	7	27,0
2011	20	9	45,0	2	10,0	9	45,0
2012	15	3	20,0	6	40,0	6	40,0
2013	21	6	28,6	11	52,4	4	19,0
2014	17	4	23,5	5	29,4	8	47,1
2015	18	7	38,9	7	38,9	4	22,2
2016	12	0	0,0	5	41,6	7	58,4
2017	17	2	11,8	5	29,4	10	58,8

По ранее представленному порядку расчёта рисков, их значения будут иметь вид:

$$R_{\text{нег.соб.}}^{\text{пр.травм.}} = \frac{211}{284} = 0,74$$

— 1-й ранг (наиболее опасный);

$$R_{\text{нег.соб.}}^{\text{чс}} = \frac{72}{284} = 0,25$$

— 2-й ранг;

$$R_{\text{нег.соб.}}^{\text{пож.}} = \frac{1}{284} = 0,004$$

— 3-й ранг (наиболее безопасный).

Данная методика расчёта рисков и последующее их ранжирование позволяют наглядно определить наиболее опасные ситуации для принятия первоочередных профилактических решений по их предупреждению.

Рассмотрим наиболее сложный пример анализа гибели работников от пожаров на производственных объектах в РФ.

Согласно статистическим показателям 2024 года, численность проживающих в стране составляла более 146 млн. человек, из них занятое население — 81,7 млн. чел. От пожаров погибло 7817 человек, из них на производственных объектах — 52 работника. Более подробные сведения представлены в таблице 3 [14].

Согласно ранее представленной общей формуле расчёта риска получим следующие результаты за 2024 год:

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}}{N_{\text{зан.нас.}}} = \frac{52}{81700000} = 6,37 \cdot 10^{-7};$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{зима}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{зима}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{8}{52} = 0,15;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{весна}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{весна}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{16}{52} = 0,31;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{лето}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{лето}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{9}{52} = 0,17;$$

Таблица 3

Причины и условия для анализа гибели работников от пожаров на производственных объектах в Российской Федерации

Критерии гибели	Год/Количество погибших				
	2020	2021	2022	2023	2024
Погибли от пожаров на производственных объектах, чел.	83	110	32	30	52
Зима (с 01.12 по 01.03)	27	55	15	14	8
Весна (с 01.03 по 01.06)	18	19	6	4	16
Лето (с 01.06 по 01.09)	23	20	5	6	9
Осень (с 01.09 по 01.12)	15	16	6	6	19
Мужчины	69	98	26	27	44
Котельные	13	18	6	4	5
Производственный цех и участок	24	11	6	8	13
Вспомогательные производственные помещения	10	15	7	3	2
20-40 лет	9	13	10	6	23
41-60 лет	67	89	16	19	15
Неосторожное обращение с огнем	24	35	8	11	11
Электрооборудование	10	16	9	3	11
Производственное оборудование	22	17	6	10	5
Взрыв	23	17	5	1	20
Специальность рабочих	34	67	8	15	12
Специальность инженер	6	10	4	1	0
Высшее образование	8	15	2	2	1

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{осень}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{осень}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{19}{52} = 0,37;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{эл.об.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{эл.об.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{11}{52} = 0,21;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{муж.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{муж.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{44}{52} = 0,85;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{оборуд.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{оборуд.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{5}{52} = 0,10;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{кот.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{кот.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{5}{52} = 0,10;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{взрыв}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{взрыв}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{20}{52} = 0,38;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{пр.цех}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{пр.цех}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{13}{52} = 0,25;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{раб.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{раб.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{12}{52} = 0,23;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{вспом.пом.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{вспом.пом.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{2}{52} = 0,04;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{инж.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{инж.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{0}{52} = 0;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{20-40} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{20-40}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{23}{52} = 0,44;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{выш.обр.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{выш.обр.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{1}{52} = 0,02.$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{41-60} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{41-60}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{15}{52} = 0,29;$$

$$R_{\text{пр.об.}}^{\text{неост.обр.}} = \frac{N_{\text{пр.об.}}^{\text{неост.обр.}}}{N_{\text{пр.об.}}^{\text{гиб.}}} = \frac{11}{52} = 0,21;$$

Вместе с тем, по функции изменения риска определим предположительную величину риска на 2025 год.

Проведя подобные расчёты по исследуемым критериям, расчётные сведения изложим в таблице 4. В данной таблице приведены риски погибших работников от пожаров на основе апробации предлагаемой методики на производственных предприятиях в РФ.

Построив график изменения риска гибели людей за пятилетний период, можно установить величину его достоверности R^2 (рис. 3).

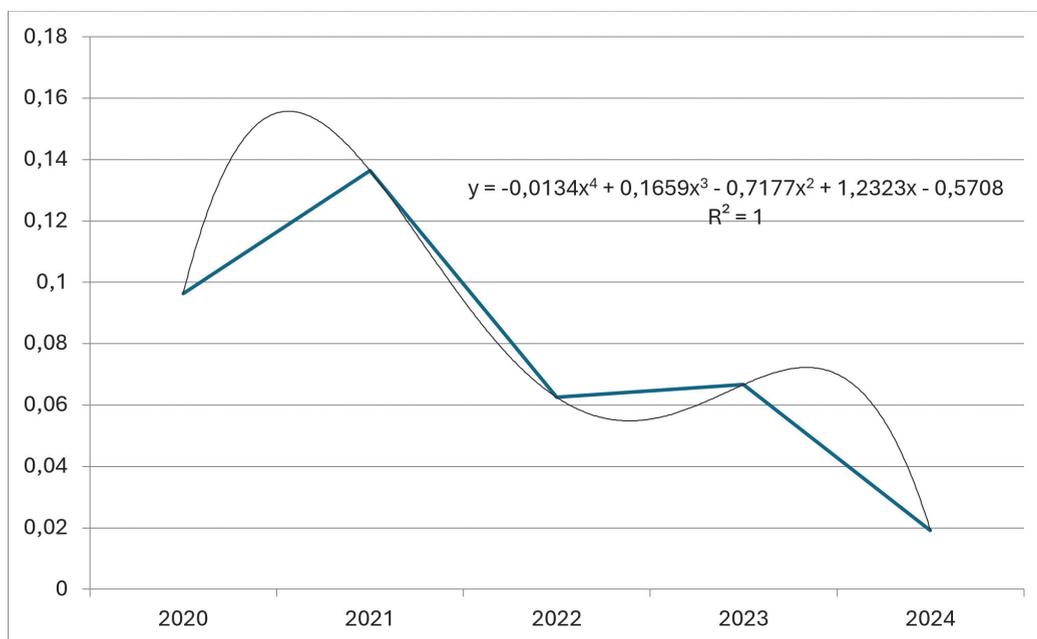


Рис. 3. Изменение вероятности гибели работников производственных предприятий Российской Федерации с 2020 по 2024 гг.

Таблица 4

Ранжирование рисков гибели работников от пожаров на производственных объектах в Российской Федерации с 2020 по 2025 гг.

Риск гибели людей по различным событиям	2020		2021		2022		2023		2024		2025		Сумма рангов	Достоверность, R ²
	Риск	Ранг опасности	Риск (предположительный)	Ранг опасности (предположительный)										
R _{гиб. пр.об.}	1,18·10 ⁻⁶	15	1,53·10 ⁻⁶	14	4,01·10 ⁻⁷	12	3,67·10 ⁻⁷	13	6,36·10 ⁻⁷	14	3,1·10 ⁻⁶	16	84	0,84
R _{зима пр.об.}	0,33	4	0,50	3	0,47	3	0,47	4	0,15	10	0,35	9	33	0,94
R _{весна пр.об.}	0,22	8	0,17	7	0,19	8	0,13	9	0,31	5	0,68	3	40	0,85
R _{лето пр.об.}	0,28	6	0,18	6	0,16	9	0,20	8	0,17	9	0,05	14	52	0,97
R _{осень пр.об.}	0,18	9	0,15	9	0,19	8	0,20	8	0,37	4	0,63	4	42	0,96
R _{муж. пр.об.}	0,83	1	0,89	1	0,81	1	0,90	1	0,85	1	0,21	11	16	1
R _{кот. пр.об.}	0,16	10	0,16	8	0,19	8	0,13	6	0,10	7	0,36	8	47	1
R _{пр.цех пр.об.}	0,29	5	0,10	12	0,19	8	0,27	7	0,25	4	0,25	10	46	1
R _{вспом.пом. пр.об.}	0,12	11	0,14	10	0,22	7	0,10	10	0,04	12	0,81	1	51	1
R _{20–40 пр.об.}	0,11	12	0,12	11	0,31	4	0,20	7	0,44	2	0,79	2	38	0,76
R _{41–60 пр.об.}	0,81	2	0,81	2	0,50	2	0,63	2	0,29	6	0,11	13	27	0,78
R _{неост.обр. пр.об.}	0,29	5	0,32	5	0,25	6	0,37	5	0,21	8	0,09	14	43	0,46
R _{эл.об. пр.об.}	0,12	11	0,15	9	0,28	5	0,10	10	0,21	8	0,39	7	50	0,30
R _{оборуд. пр.об.}	0,27	7	0,15	9	0,19	8	0,33	6	0,10	11	0,61	5	46	0,91
R _{взрыв пр.об.}	0,28	6	0,15	9	0,16	9	0,03	12	0,38	3	0,63	4	43	0,69
R _{раб. пр.об.}	0,41	3	0,61	4	0,25	6	0,50	3	0,23	7	0,15	12	35	0,31
R _{инж. пр.об.}	0,07	14	0,09	13	0,13	10	0,03	12	0	15	0,52	6	70	1
R _{выш.обр. пр.об.}	0,10	13	0,14	10	0,06	11	0,07	11	0,02	13	0,05	15	73	0,80
R _{Σ(сред.)}	0,26		0,26		0,25		0,25		0,23		0,37			0,81

Из таблицы 4 следует, что за пятилетний период в РФ наибольший риск гибели рабочих на производственных предприятиях относительно временного промежутка возникает зимой. Говоря о социальных аспектах, отметим, что наименьший риск гибели наблюдается у занятых по профессии инженер, а также у рабочих, имеющих высшее образование. Также достаточно низкий риск гибели у людей в возрасте от 21–40 лет.

Проведенные исследования наглядно показывают и научно обосновывают необходимость проведения профилактических мероприятий с мужским работающим населением страны, особое внимание необходимо обратить на работников в возрасте от 41–60 лет.

Согласно вышеизложенному анализу причин и условий возникновения гибели рабочих на производственных предприятиях РФ сформулированы и описаны негативные события. Приведена классификация рисков исходя из численных показателей статистического наблюдения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 08.08.2024). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 12.11.2024).
2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 08.08.2024). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/ (дата обращения: 12.11.2024).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 22.3.01-94. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001527> (дата обращения: 12.11.2024).
4. О гражданской обороне [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 12.02.1998 № 28-ФЗ (ред. от 08.08.2024). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17861/ (дата обращения: 12.11.2024).
5. Фомин А. И, Бесперстов Д. А. Пожароопасные ситуации на угледобывающих и углеперерабатывающих предприятиях // Россия молодая: Сборник материалов XII Всерос. научно-практической конференции с международным участием, 21–24 апр. 2020 г., Кемерово [Электронный ресурс]. Кемерово, 2020.
6. Фомин А. И, Бесперстов Д. А. Проблемы и пути их решения, возникающие при эксплуатации и консервации угольных предприятий и шламоотстойников // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2020. № 2. С. 45–48.
7. Фомин А. И, Бесперстов Д. А. Пожарные риски для поверхностных зданий и сооружений, персонала угольных предприятий и проживающего вблизи них населения при возникновении пожароопасных и взрывопожароопасных ситуаций // Вестник НЦ ВостНИИ. 2020. № 2. С. 19–25.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый алгоритм прогнозирования возникновения опасных производственных факторов, влекущих за собой социальные и экономические риски, изложен, в том числе в виде дифференциальных уравнений [15].

Методика соответствует актуальным требованиям, установленным исходя из имеющейся возможности управления рисками и учитывающим то, что каждый вправе совершать в отношении своего имущества действия, не противоречащие законодательству. К таким действиям можно отнести право рисковать собственностью [16].

Реальная значимость методики обусловлена тем, что владельцы предприятий и их собственники смогут осуществить перераспределение финансовых и человеческих ресурсов (работников), не занятых в организации мероприятий, учитывая рассчитанные риски возникновения неблагоприятных ситуаций.

8. Фомин А. И, Бесперстов Д. А. Защита угольных предприятий от чрезвычайных ситуаций, в том числе связанных с возникновением природных и техногенных пожаров // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2020. № 3. С. 14–20.
9. Drabek Thomas E. Human System Responses to Disaster. Denver, 2013.
10. Grist Robert E. The Changing Paradigm of Emergency Management: Improving Professional Development for the Emergency Manager. Portland State University, 2007).
11. Coppola Damon Investigation of the Political Implications of Disasters Requiring International Assistance. Bullock & Haddow, 2011.
12. Drabek Thomas E., Evans John Social Problems Perspectives, Disaster Research and Emergency Management: Intellectual Contexts, Theoretical Extensions, and Policy Implications. Department of Sociology and Criminology, University of Denver, 2008.
13. Revision and expansion of the 2006 E.L. Quarantelli Theory Award Lecture presented at the annual meeting of the American Sociological Association. New York, 2007.
14. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 12.11.2024).
15. Фомин А. И, Бесперстов Д. А. Методика оценки и прогнозирования возникновения негативных ситуаций, связанных с пожарами на угольных предприятиях // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2020. № 4. С. 52–63.
16. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: URL: <https://base.garant.ru/10103000/> (дата обращения: 12.11.2024).

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.61.21.007

UDC 622; 614.849

© А. И. Фомин, Д. А. Бесперстов, Е. А. Попова, В. А. Петрова, 2025

A.I. FOMIN

Doctor of Engineering Sciences, Professor
KuzSTU, Kemerovo
e-mail: fomin-ai@kuzbasscot.ru

D.A. BESPERSTOV

Candidate of Engineering Sciences
Associate Professor
KemSU, Kemerovo
e-mail: gpnbesperstov@yandex.ru

E.A. POPOVA

Candidate of Engineering Sciences
Associate Professor
KemSU, Kemerovo
e-mail: popovakedrovka@gmail.com

V. A. PETROVA

Student
KemSU, Kemerovo

MATHEMATICAL MODELING OF SOCIO-ECONOMIC RISKS OF NEGATIVE SITUATIONS ON THE EXAMPLE OF FIRES IN THE KEMEROVO REGION – KUZBASS

The paper defines an algorithm for ensuring the safety of facilities and identifies the types of risks for production facilities and nearby residents. The analysis of the hazards that arise for the population indicates the need to consider the negative risks of man-made and natural nature. The necessity of constructing an algorithm for assessing and predicting negative situations at industrial facilities has been determined.

The paper also presents a general formula for the occurrence of negative situations. Differential equations describing socio-economic risks from fires are derived.

As a result of the conducted research, a methodology has been proposed for assessing the possible occurrence of negative situations, which has been tested using the example of fires in the Kemerovo region — Kuzbass.

Keywords: SAFETY OF FACILITIES, RISK SYSTEM, INDUSTRIAL HAZARD, PUBLIC SAFETY, ASSESSMENT METHODOLOGY, HAZARD FORECASTING, FIRE SAFETY, RISK OF DEATH.

REFERENCES

1. On Industrial Safety of hazardous Production facilities [Electronic resource]: Federal Law No. 116-FZ dated 07/21/1997 (as amended on 08/08/2024). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (date of request: 12.11.2024). [In Russ.].
2. On the protection of the population and territories from Natural and man-made Emergencies [Electronic resource]: Federal Law No. 68-FZ dated December 21, 1994 (as amended on 08.08.2024). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/ (date of request: 12.11.2024). [In Russ.].
3. Safety in emergency situations. Life support of the population in emergency situations. General requirements [Electronic resource]: GOST R 22.3.01-94. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001527> (date of request: 12.11.2024). [In Russ.].
4. On Civil Defense [Electronic resource]: Federal Law No. 28-FZ dated 12.02.1998 (as amended on 08.08.2024). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17861/ (date of request: 12.11.2024). [In Russ.].
5. Fomin A. I., Besperstov D. A. Fire-hazardous situations at coal mining and coal-refining enterprises // Young Russia: Collection of materials of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, April 21–24, 2020, Kemerovo [Electronic resource]. Kemerovo, 2020. [In Russ.].
6. Fomin A. I., Besperstov D. A. Problems and solutions that arise during the operation and conservation of coal plants and sludge tanks // Bulletin of the Scientific Center for Safety of Work in the Coal Industry. 2020. No. 2. P. 45–48. [In Russ.].
7. Fomin A. I., Besperstov D. A. Fire risks for surface buildings and structures, personnel of coal enterprises and the population living near them in the event of fire and explosion- and fire-hazardous situations // Bulletin of the National Research Center VostNII. 2020. No. 2. P. 19–25. [In Russ.].
8. Fomin A. I., Besperstov D. A. Protection of coal enterprises from emergency situations, including those related to the occurrence of natural and man-made fires // Bulletin of the Scientific Center for Safety of Work in the coal industry. 2020. No. 3. P. 14–20. [In Russ.].
9. Drabek Thomas E. Human System Responses to Disaster. Denver, 2013.
10. Grist Robert E. The Changing Paradigm of Emergency Management: Improving Professional Development for the Emergency Manager. Portland State University, 2007).
11. Coppola Damon Investigation of the Political Implications of Disasters Requiring International Assistance. Bullock & Haddow, 2011.
12. Drabek Thomas E., Evans John Social Problems Perspectives, Disaster Research and Emergency Management: Intellectual Contexts, Theoretical Extensions, and Policy Implications. Department of Sociology and Criminology, University of Denver, 2008.
13. Revision and expansion of the 2006 E.L. Quarantelli Theory Award Lecture presented at the annual meeting of the American Sociological Association. New York, 2007.
14. Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters [Electronic resource]. URL: <http://www.mchs.gov.ru> (date of request: 12.11.2024). [In Russ.].
15. Fomin A. I., Besperstov D. A. Methodology for assessing and predicting the occurrence of negative situations related to fires at coal enterprises // Bulletin of the Scientific Center for Safety of Work in the Coal Industry. 2020. No. 4. P. 52–63. [In Russ.].
16. The Constitution of the Russian Federation [Electronic resource]: URL: <https://base.garant.ru/10103000/> (date of request: 12.11.2024). [In Russ.].