АНАЛИЗ АВАРИЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОКОРРЕЛЯЦИИ

Халиков Р.В.
адъюнкт
факультета подготовки
научно-педагогических кадров
Академии ГПС МЧС России
капитан внутренней службы
Электронная почта: *vokilah@rambler.ru*

Аннотация: Проанализированы аварии на угольных шахтах с использованием методов регрессионного анализа. Установлено наличие автокорреляции в исследуемых рядах динамики аварий. Установлены истинные связи соответствующих рядов, предложено решение для снижения количества погибших при авариях.

Ключевые слова*: угольные шахты, регрессионный анализ, автокорреляция, пожаровзрывобезопасность.*

Abstracts: Accidents at coal mines are analyzed using regression analysis methods. The presence of autocorrelation in the studied accident dynamics series has been established. The true connections of the corresponding series have been established, a solution has been proposed to reduce the number of deaths in accidents.

Keywords: coal mines, regression analysis, autocorrelation, fire and explosion safety.

Приоритетным направлением государственной политики является поддержка исследований в области использования возобновляемых источников энергии для энерго- и теплоснабжения [1]. Однако по данным на 2020 год их доля в отечественной энергетике составляет около 18% [1], поэтому использование невозобновляемых ресурсов остается необходимым. Добыча невозобновляемых источников энергии связана с повышенной пожаровзрывоопасностью [2, 3], наиболее опасной является добыча угля в шахтах. По данным на 2020 год в составе угольной промышленности функционирует 93 шахты, 309 разрезов и 89 объектов обогащения угля [4]. Постоянное пребывание людей (до 200 человек) на глубине до 2056 м [5] в совокупности с потенциальными угрозами, возникающими при ведении горных работ могут приводить к авариям, сопровождающимися гибелью людей экономическим ущербом (Табл. 1) [5]. Проанализируем 8 столбец таблицы 1, заметим, в 2007 и 2010 число погибших значительно превышает соответствующие значения других годов. Это связано с тем в 2007 году при

аварии шахте «Ульяновская» погибло 110 человек, а в 2010 году при аварии на шахте «Распадская» - 91 [5].

Таблица 1 – Статистические данные по авариям на шахтах 2005 – 2017 гг.

Годы	Всего аварий	Пожары	Взрывы	Внезапные выбросы, горные удары	Обрушения	Прочие аварии	Погибшие
1	2	3	4	5	6	7	8
2005	81	35	6	2	18	20	30
2006	75	32	5	1	20	17	25
2007	83	32	9	0	20	22	149
2008	49	29	2	0	9	9	17
2009	50	14	5	1	18	12	9
2010	52	26	5	0	13	8	101
2011	38	20	3	2	8	5	4
2012	29	15	4	1	4	5	7
2013	37	21	3	0	9	4	27
2014	28	17	4	0	4	3	10
2015	27	18	1	0	6	2	4
2016	20	12	1	0	4	3	36
2017	34	17	1	1	7	8	8

Для установления зависимости между числом погибших и количеством соответствующих аварий вычислим коэффициенты корреляции Пирсона по данным таблицы 1 по формуле 1:

$$r_{xy} = \frac{\Sigma(x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2 * \Sigma(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где x_i – независимые дискретные величины количества советующего вида аварии по годам, принимаемые переменной x; y_i – зависимые дискретные величины количества погибших при авариях по годам, принимаемые y.

Данные, полученные после проведения расчета сведем в таблицу 2 и проанализируем.

Таблица 2 – Значение коэффициента корреляции Пирсона по значениям «аварии –погибшие»

	Пожары	Взрывы	Внезапные выбросы, горные удары	Обрушения	Прочие аварии
Значение коэффициента корреляции r_{xy}	0,49	0,69	-0,36	0,50	0,53
Характер связи	Средняя прямая	Средняя прямая	Средняя обратная	Средняя прямая	Средняя прямая

Анализ полученных данных позволяет утверждать, что наиболее опасными авариями на шахтах являются взрывы, так коэффициент корреляции зависимости числа погибших от количества взрывов является наибольшим, средняя обратная связь между числом погибших и внезапными выбросами, горными ударами свидетельствует о том, что большая часть данных аварий не приводит к гибели людей. В связи с тем, что анализируемые данные относятся к рядам динамики, необходимо дополнительно провести расчет автокорреляции соответствующих рядов, чтобы удостоверится в отсутствии неучтенных факторов, по формуле:

$$r_a = \frac{\overline{x_i - x_{i+1}} - {x_i}^2}{\sigma}, \quad (2)$$

где σ – независимые отклонение количества вида аварии и числа погибших по годам, принимаемые соответствующего ряда.

На основе результатов расчета коэффициента автокорреляции составим таблицу 3.

Таблица 3 – Значение коэффициента автокорреляции

	Пожары	Взрывы	Внезапные выбросы, горные удары	Обрушения	Прочие аварии
Расчётное значение коэффициента автокорреляции, r_a	0,38	0,1	0,15	0,51	0,62
Табличное значение коэффициента автокорреляции	0,341	0,341	0,341	0,341	0,341

Анализом установлено превышение расчетных значений коэффициента автокорреляции над табличным в рядах: «Пожары», «Обрушения» и «Прочие аварии». Следовательно, данные ряды динамики имеют автокорреляцию, то есть существуют неучтённые факторы, оказывающие влияние на зависимость числа погибших от количества соответствующих аварий. Ряды «Взрывы» и «Внезапные выбросы, горные удары» не содержат автокорреляцию, поэтому значение установленного выше коэффициента корреляции Пирсона считаем истинным. Для исключения автокорреляции в исследуемых рядах динамики воспользуемся методом Дарбина-Вотсона [9], который основан на определении автокорреляционного коэффициента первого порядка:

$$\rho_1 = 1 - \frac{DW}{2}, \quad (3)$$

где ρ_1 –коэффициент автокорреляции остатков первого порядка соответствующего ряда; DW – критерий Дарбина-Вотсона.

Рассчитав коэффициенты автокорреляции остатков первого порядка для рядов «Погибшие», «Пожары», «Обрушения» и «Прочие аварии», определим истинные значения корреляции Пирсона и составим таблицу 4.

Таблица 4 – Значение коэффициента корреляции Пирсона по значениям «аварии –погибшие» без учета автокорреляции соответствующих рядов

	Пожары	Взрывы	Внезапные выбросы, горные удары	Обрушения	Прочие аварии
Значение коэффициента корреляции, r_{xy}	0,49	0,69	-0,36	0,50	0,53
Характер связи	Средняя прямая	Средняя прямая	Средняя обратная	Средняя прямая	Средняя прямая
Значение коэффициента корреляции без автокорреляции, r_{xy}	-0,04	0,69	-0,36	0,38	0,24
Характер связи без автокорреляции	Слабая обратная	Средняя прямая	Средняя обратная	Средняя прямая	Слабая прямая

Анализом данных таблицы 4 установлено, что возникновение пожаров, внезапных выбросов и горных ударов практически не влияет на число погибших, наиболее опасными для персонала шахты являются взрывы и обрушения. На основе таблицы 4 построим распределение количества аварий и значения коэффициента корреляции без автокорреляции количества погибших от вида аварии.

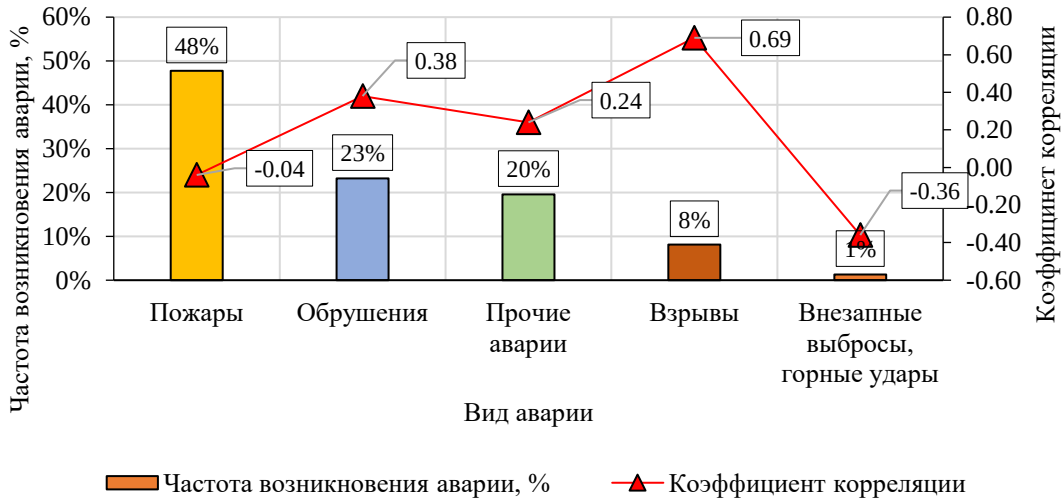

Рис.1 – Гистограмма зависимости частоты возникновения аварии и числа погибших на шахте от ее вида

Анализ рисунка 1 показал, что наиболее вероятными авариями на шахтах в период с 2005 по 2017 год были пожары, обрушения и прочие аварии (более 80% всех аварий), однако наибольшее значение коэффициента корреляции наблюдается в рядах «Взрывы-погибшие» (r_{xy} = 0,69). То есть можно предположить, что высокий уровень смертности при авариях на шахтах связан с низкой эффективностью функционирования системы предотвращения взрывов,

однако заметим, что коэффициент корреляции в рядах «Обрушения-погибшие» имеет так же среднюю прямую связь (r_{xy} = 0,38). Другими словами, при обрушениях и взрывах люди остаются заблокированными под землей, однако последствиям взрывов как правило являются эндогенные пожары, что приводит к значительной динамике снижению кислорода в шахте, поэтому высокая смертность шахтеров при взрывах обусловлена в первую очередь недостаточно эффективными мероприятиями по тушению эндогенных пожаров после взрывов. Таким образом, актуальными являются исследованиям в области предотвращения эндогенных пожаров в замкнутых пространствах угольных шахт после взрыва.

Литература

1. Варганова Т.Н., Чинаева Т.И. Возобновляемые источники энергии: тенденции развития // Россия: тенденции и перспективы развития. 2021. № 16-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vozobnovlyaemye-istochniki-energii-tendentsii-razvitiya (дата обращения: 04.09.2021).

2. Бондарев Денис Михайлович Современные способы снижения производственного травматизма на примере предприятия ООО "Газпром добыча Уренгой" // Научный журнал. 2019. №2 (36). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-snizheniya-proizvodstvennogo-travmatizma-na-primere-predpriyatiya-ooo-gazprom-dobycha-urengoy (дата обращения: 08.09.2021).

3. Киреев И.Р., Абдрахимова И.Р., Загриева Г.Д. Анализ аварийности и травматизма на опасных производственных объектах горнорудной и нерудной промышленности, объектах подземного строительства // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. №1 (7). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-avariynosti-i-travmatizma-na-opasnyh-proizvodstvennyh-obektah-gornorudnoy-i-nerudnoy-promyshlennosti-obektah-podzemnogo (дата обращения: 08.09.2021).

4. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году» / - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021, 264 с.

5. Лапшин А.А., Ляшенко В.И. Повышение эффективности проветривания подземных выработок глубоких железорудных шахт // ГИАБ. 2018. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-provetrivaniya-podzemnyh-vyrabotok-glubokih-zhelezorudnyh-shaht (дата обращения: 08.09.2021).