

УДК 622.8:614.8-084

**В.А. Сергеев** (магістр)

Государственный Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СМЕРТЕЛЬНОГО ТРАВМАТИЗМА**

*В работе приводится обоснование приоритетных направлений совершенствования средств автоматизации процессов горного производства в условиях угольных шахт Украины на основе анализа смертельного травматизма с использованием статистического закона, сформулированного с помощью закона Парето.*

**Ключевые слова:** угольная шахта, средства автоматизации, смертельный травматизм, опасный производственный фактор, статистический закон.

***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

По данным МакНИИ, в период с 2001г. по 2012г. в угольной отрасли Украины на предприятиях всех форм собственности произошло 2308 несчастных случаев (НС) со смертельным исходом. Высокий уровень производственного травматизма на угольных предприятиях отрасли свидетельствует об актуальности работ по повышению безопасности горного производства. Одним из основных направлений таких работ является совершенствование средств автоматизации, предотвращающих проявление опасных производственных факторов (ОПФ).

***Анализ исследований и публикаций.*** Как показал анализ литературных источников [1 - 4], обоснование приоритетных направлений совершенствования средств защиты работающих на угольных шахтах Украины (включая средства автоматизации) осуществляется с помощью анализа происшедших НС. Для решения данной задачи используются материалы специального расследования случаев травматизма и статистическая информация. Их анализ выполняется с использованием сетевых моделей и различных блок-схем [1 - 3], а также аналитических выражений [4]. При этом производственный травматизм рассматривается, преимущественно, как результат опасной деятельности человека – «человеческого фактора».

В то же время необходимо учитывать, что явление производственного травматизма в угольной промышленности носит массовый

© Сергеев В.А., 2013

характер, а значит, подчиняется статистическим законам. Поэтому при решении задачи обоснования направлений совершенствования средств автоматизации процессов горного производства необходимо использовать статистические законы, которым подчиняется травматизм в угольной отрасли.

Анализ литературных источников [5, 6] позволил установить, что для определения приоритетов в обслуживании потребителей и планирования других работ в экономической деятельности используется закон 80 – 20. Закон был сформулирован в 1897 году итальянским экономистом и социологом Вильфредо Парето (закон 80 – 20 иначе именуется «законом Парето», вместо термина «закон» в литературных источниках также употребляются термины «правило Парето» и «принцип Парето»), который исследуя распределение доходов в Италии обнаружил, что значительная часть из них сосредоточена в руках небольшой части населения, приблизительно в соотношении 80 к 20 [6]. Существуют различные интерпретации закона Парето различных областях деятельности человека, например:

80% прибыли компании приносит реализация 20% товаров;

80% результата дают 20% усилий (иначе – большая часть усилий не дает желаемого результата);

80% потерь происходит в результате 20% ошибок;

значимых факторов немного, факторов второстепенных – множество, и лишь единичные действия приводят к наиболее важным результатам;

большинство негативных событий обусловлено действием небольшого числа деструктивных факторов;

большая часть действий представляет собой пустую трату времени (сформулированный на основе закона Парето принцип Дисбаланса).

Во всех случаях закон Парето показывает неравномерность распределения причин (факторов) и результатов их действия, и позволяет выявить проблемы, подлежащие первоочередному решению. Построение такого статистического распределения заключается в составлении диаграммы Парето.

При исследовании статистических законов травматизма целесообразно реализовывать подходы, применяемые в других сферах деятельности, в том числе закон Парето в экономике.

**Постановка задачи.** Цель статьи – обосновать приоритетные направления совершенствования средств автоматизации процессов

горного производства в условиях угольных шахт Украины на основе анализа смертельного травматизма с использованием статистического закона, сформулированного с помощью закона Парето.

Требуется решить следующие задачи:

- составить статистическое распределение смертельного травматизма в угольной промышленности по ОПФ;
- с использованием закона Парето сформулировать статистический закон, устанавливающий взаимосвязь между показателями ОПФ и смертельного травматизма в угольной отрасли Украины;
- установить факторы, по которым в первую очередь необходимо совершенствование средств автоматизация технологических процессов в угольных шахтах.

**Изложение материала и результаты.** По данным МакНИИ составлено статистическое распределение смертельного травматизма по ОПФ за период с 2001 г. по 2012 г., результаты которого сведены в табл. 1. Из приведенной таблицы следует, что количество НС по разным факторам является не одинаковым.

Для построения распределения смертельного травматизма в угольной промышленности Украины по ОПФ в виде диаграммы Парето были использованы статистические данные по этим признакам за период с 2001 г. по 2012 г. Диаграмма Парето строится с помощью таблиц накопленного удельного веса по каждому признаку [1]. Порядок построения таких таблиц показан на примере статистических данных НС по ОПФ в 2005 г., исходные данные для которой взяты из табл. 1. Согласно табл. 1, общее количество ОПФ, по которым происходили НС в 2005г., равно 12. Удельный вес одного ОПФ в общей структуре факторов равен:  $100/12 \approx 8,33$ . Первый столбец табл. 2 заполняется путем прибавления 8,33 к каждому полученному значению до тех пор, пока их сумма не достигнет 100%:  $8,33$ ;  $8,33+8,33 = 16,66$ ;  $16,66+8,33 = 24,99$ ;  $24,99+8,33 = 33,32$  и т. д. Во втором столбце записываются ОПФ в порядке убывания их удельного веса, значения которого заносятся в третий столбец. Наибольший удельный вес имеют «транспортные средства и подъемное оборудование» – 25,48%, затем следуют «обвалы и обрушения породы и угля» – 19,75%, «острая сердечно - сосудистая недостаточность» – 17,83%, «падение людей» – 7,64% и остальные факторы. Накопленный удельный вес случаев смертельного травматизма по ОПФ заносится в четвертый столбец табл. 3, и определяется аналогично накопленному удельному весу ОПФ:  $25,48$ ;  $25,48+19,75 = 45,23$ ;  $45,23+17,83 = 63,06$ ;  $63,06+7,64 = 70,70$  и т. д.

Табл. 1. Распределение смертельного травматизма в угольной отрасли Украины по опасным производственным факторам за 2001 – 2012 гг.

Опасный производственный фактор	Количество несчастных случаев						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Обвалы и обрушения породы и угля	50	41	55	26	31	31	33
Транспортные средства и подъемное оборудование	50	34	40	42	40	35	40
Машины, механизмы (кроме транспорта и подъема)	17	18	22	14	11	14	14
Взрывы, вспышки газа и пыли	74	32	0	39	7	9	110
Газодинамические явления	14	15	6	3	4	4	4
Пожары	0	35	4	0	0	0	0
Электроток	8	11	6	12	7	4	11
Удушье, отравление	2	3	1	1	0	5	5
Взрывные работы и обращение с взрывчатыми материалами	0	1	0	1	0	0	0
Падение людей	21	19	15	15	12	12	17
Падение предметов	4	3	4	3	3	3	5
Прорыв воды и пульпы	0	0	3	0	2	1	0
Утопление	1	0	0	0	0	0	0
Острая сердечно-сосудистая недостаточность	32	33	32	30	28	28	20
Автотранспорт	6	3	22	3	5	3	3
Прочие факторы	15	19	7	11	7	19	6
<b>Всего по угольной промышленности</b>	<b>294</b>	<b>267</b>	<b>217</b>	<b>200</b>	<b>157</b>	<b>168</b>	<b>268</b>

Продолжение таблицы 1.

Опасный производственный фактор	Количество НС					Всего за 12 лет	
	2008	2009	2010	2011	2012	НС	уд. вес, %
Обвалы и обрушения породы и угля	36	33	26	38	23	423	18,3
Транспортные средства и подъемное оборудование	29	20	27	23	32	412	17,9
Машины, механизмы (кроме транспорта и подъема)	12	14	8	12	12	168	7,4
Взрывы, вспышки газа и пыли	7	8	1	29	9	325	14,2
Газодинамические явления	24	14	10	0	2	100	4,3
Пожары	2	1	0	0	0	42	1,8
Электроток	5	2	5	3	5	79	3,4
Удушье, отравление	4	1	2	2	0	26	1,1
Взрывные работы и обращение с взрывчатыми материалами	4	0	0	1	1	8	0,3
Падение людей	11	13	8	6	10	159	6,9
Падение предметов	3	6	4	17	5	60	2,6
Прорыв воды и пульпы	0	1	1	3	0	11	0,5
Утопление	1	0	0	1	2	5	0,2
Острая сердечно-сосудистая недостаточность	30	26	25	19	14	317	13,7
Автотранспорт	2	6	4	0	2	59	4,9
Прочие факторы	3	6	10	7	4	114	2,5
<b>Всего по угольной промышленности</b>	<b>173</b>	<b>151</b>	<b>131</b>	<b>161</b>	<b>121</b>	<b>2308</b>	<b>100,0</b>

Табл. 2. Данные о накопленном удельном весе ОПФ за 2005 г.

Накопленный удельный вес ОПФ в общем перечне факторов, %	Удельный вес травматизма по ОПФ		
	ОПФ	Удельный вес НС, %	Накопленный удельный вес, %
8,33	Транспортные средства и подъемное оборудование	25,48	25,48
16,66	Обвалы и обрушения породы и угля	19,75	45,23
24,99	Острая сердечно-сосудистая недостаточность	17,83	63,06
33,32	Падение людей	7,64	70,70
41,65	Машины, механизмы (кроме транспорта и подъема)	7,01	77,71
49,98	Взрывы, вспышки газа и пыли	4,46	82,17
58,31	Электроток	4,46	86,63
66,64	Прочие факторы	4,46	91,09
74,97	Автотранспорт	3,18	94,27
83,30	Газодинамические явления	2,55	96,82
91,63	Падение предметов	1,91	98,73
100,00	Прорыв воды и пульпы	1,27	100,00

Данные таких таблиц за 12-летний период позволили построить диаграмму Парето, изображенную на рисунке 1. Диаграмма Парето дает возможность провести ABC – анализ, сущность которого состоит в распределении исследуемого признака на три группы по степени важности. Группа А характеризует наиболее важные факторы (в законе Парето результат их действия составляет 80%); факторы группы В занимают промежуточное положение; группа С – наименее значимые факторы [5].

ABC – анализ распределения смертельного травматизма по ОПФ, проведенный на основе данных табл. 2, показал, что около 70% НС в угольной промышленности Украины приходится, в среднем, на

30% факторов (группа А). На группу В, включающую 40% факторов, приходится 25% случаев смертельного травматизма в отрасли. В группу С входят 30% ОПФ, по которым ежегодно, в среднем, происходит 5% НС.

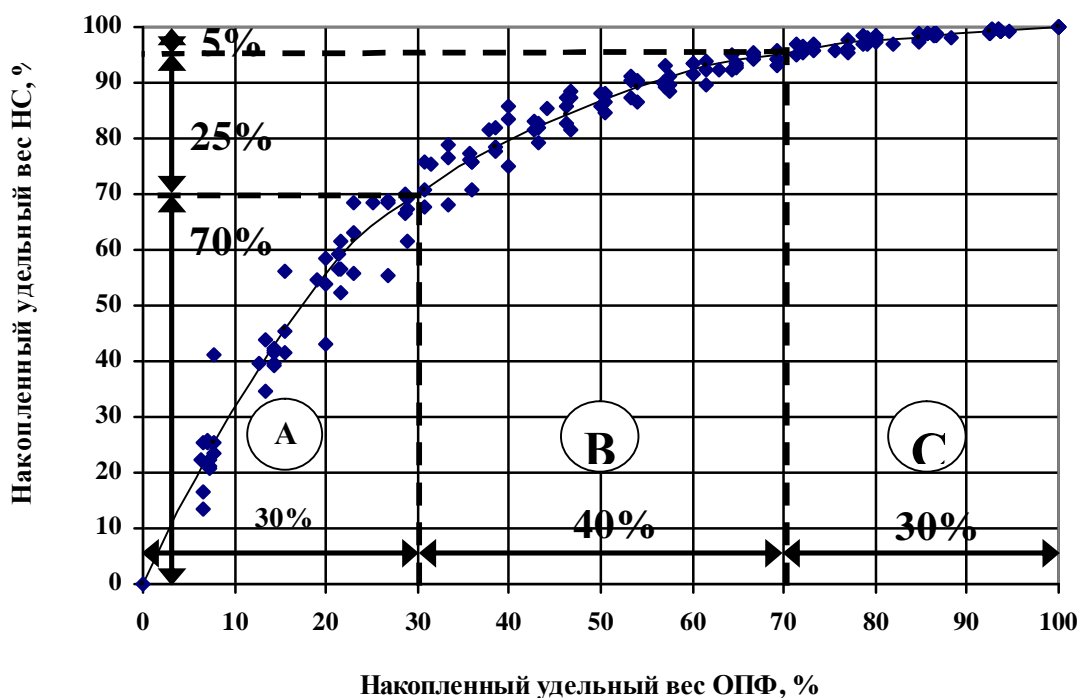


Рис. 1. Диаграмма Парето статистического распределения смертельного травматизма за 2001-2012 гг. по опасным производственным факторам в угольной отрасли Украины

Таким образом, направления совершенствования средств автоматизации процессов горного производства показывают следующие четыре ОПФ:

- обрушение породы и угля – по данным табл. 1 в угольной отрасли за анализируемый период погибло 423 чел. (18,3 %);
- транспорт и подъем – 412 чел. (17,9 %);
- взрывы газа, пыли – 325 чел. (14,2 %);
- машины и механизмы – 168 чел. (7,4 %).

Примерами применения средств автоматизации для предотвращения НС по этим ОПФ являются:

«обрушение породы и угля» - радиолокационный метод контроля и прогноза состояния горного массива, крепи и закрепленного пространства горных выработок [7];

«транспорт и подъем» - комплекс автоматизированного управления конвейерами АУК.1М [8], унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами

(УТАС) [9], аппарат автоматической блокировки стрелок и сигналов АБСС-1М [8];

«взрывы газа, пыли» - унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС) [9], аппаратура «Метан» [8], аппаратура поступления воздуха в тупиковые выработки АПТВ [8], комплекс аэрогазовый информационный типа КАГИ [10];

«машины и механизмы» - комплекс устройств автоматизации комбайнов КУАК [8], система автоматического управления комбайнами САУК-М [8], автоматизированные комплексы погрузочных пунктов КАП [8], аппаратура автоматизации водоотливных установок ВАВ [8], унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС) [9].

Совершенствование средств автоматизации производственных процессов обеспечит повышение уровня охраны труда на шахтах Украины за счет устранения ОПФ с высоким уровнем смертельного травматизма.

### ***Выводы и направление дальнейших исследований.***

Изложенные в статье результаты обоснования направлений совершенствования средств автоматизации процессов горного производства должны быть использованы при подготовке очередной «Программы повышения безопасности труда на угледобывающих и шахтостроительных предприятиях» (такие «Программы...» утверждаются постановлениями Кабинета Министров Украины с 2002 г.).

В дальнейшем планируется выполнить работы по оценке влияния отказов конкретных средств автоматизации на возникновение НС по приведенным в статье наиболее часто повторяющимся ОПФ.

### Список литературы

1. Миц В.Н. Формирование опасностей, место и роль мер и средств защиты в предупреждении аварий / В.Н. Миц, Р.С. Грих // Безопасность труда в промышленности. – 1970. – №10. – С.37-39.
2. Миц В.Н. Графоаналитический метод определения причин несчастного случая / В.Н.Миц, Р.С. Грих, А.Л. Галушко, И.Т. Чуйко // Безопасность труда в промышленности. – 1973. – №5. – С.24-26.
3. Евдокимов Ф.И. Оценка безопасности технологических процессов / Ф.И. Евдокимов, Г.В. Саенко, Б.А. Грядущий. – К.: Техніка, 1992. – 124 с.
4. Деревянский В.Ю. Оценка влияния средств защиты на уровень безопасности шахтных производственных систем / В.Ю. Деревянский // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сборник научных трудов МакНИИ. – 2009. – №2(24). – С. 139 – 149.
5. Сивохина Н.П. Логистика / Н.П. Сивохина, В.Б. Родинов, Н.М. Горбунов. – М.: ООО «Издательство АСТ», ЗАО «РИК Русанова», 2000. – 224 с.



6. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок / М. Кристофер. – СПб.: Питер, 2005. – 316 с.
7. Голубева Л.В. Потенциальные возможности методов радиолокационного контроля и прогноза состояния промышленных объектов и горного массива / Л.В. Голубева, Н.Ф. Фурсов // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: тезисы докл. на науч.-практ. конф. (Макеевка, 8-9 декабря, 2004 г.; Святогорск, 10-11 декабря, 2004 г.). – 2004. – С.177-179.
8. Батицкий В.А. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности: учеб. для техникумов. – 2 изд. // В.А. Батицкий, В.И. Куроедов, А.А. Рыжков. – М.:Недра, 1991. – 304 с.
9. Унифицированная телекоммуникационная система УТАС – новый шаг в обеспечении безопасных условий труда в угольных шахтах / Брюханов А.М., Брюм В.З., Коптиков В.П., Иванов Ю.А. // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: тезисы докл. на науч.-практ. конф. (Макеевка, 8-9 декабря, 2004 г.; Святогорск, 10-11 декабря, 2004 г.). – 2004. – С.177-179.
10. Опыт применения комплекса КАГИ на шахтах Украины по результатам авторского надзора / Иванов Ю.А., Мусиенко В.А., Силаков С.М., Иванов Г.Ю. // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: тезисы докл. на науч.-практ. конф. (Макеевка, 8-9 декабря, 2004 г.; Святогорск, 10-11 декабря, 2004 г.). – 2004. – С.177-179.

*Стаття надійшла до редакції 08.10.2013*

***В.О. Сергеев. Державний Макіївський науково-дослідний інститут з безпеки робіт у гірничій промисловості***

**Обґрунтування напрямів вдосконалення засобів автоматизації процесів гірничого виробництва на основі аналізу смертельного травматизму**

*У роботі приводиться обґрунтування пріоритетних напрямів удосконалення засобів автоматизації процесів гірничого виробництва в умовах вугільних шахт України на основі аналізу смертельного травматизму з використанням статистичного закону, сформульованого за допомогою закону Парето.*

**Ключові слова:** вугільна шахта, засоби автоматизації, смертельний травматизм, небезпечний виробничий фактор, статистичний закон.

***V. Sergeev. State Makiivka Research Institute***

**Justification of Ways to Improve Mining Automation Processes on the Basis of Fatal Accidents Analysis**

*High level of occupational accidents in the coal industry of Ukraine shows the relevance of mining safety improvement. A major focus of such work is to improve the automation in order to prevent occupational hazards. Based on the analysis of fatal injuries using statistical law, formulated by Pareto, we justified priority areas for automation processes improvement in the coal mines of Ukraine. We have established a group of occupational hazards with high levels of fatalities (caving and coal, transport and lifting, explosions of gas, dust, machinery and equipment), the removal of which through improvement of manufacturing processes automation will improve the level of safety in mines.*

**Keywords:** coal mine, automation equipment, fatal traumatism, dangerous production factor, statistical law.