

УДК: 331.45

Кривова М.А.

аспирант

Самарский государственный технический университет

Россия, Самара

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. На основании статистики вскрыты реальные условия, обстоятельства и факторы, позволяющие выявить закономерности возникновения происшествий и предпосылок к ним. Анализ факторов возможного появления аварийности и травматизма позволяет их использовать как эмпирическую основу для формирования и уточнения концептуальных основ совершенствования безопасности.

Ключевые слова: безопасность, математическое ожидание, технологический процесс, регрессия, гипотеза, доверительный интервал, частота происшествий, тяжесть последствий, ущерб.

Krivova M.A.

Post-graduate student

Samara State Technical University

Russia, Samara

STATISTICAL EVALUATION OF FACTORS INFLUENCING THE OCCURRENCE OF ACCIDENTS AT WORK

Abstract: Based on statistics, real conditions, circumstances and factors were revealed that allow to identify the patterns of occurrence of incidents and prerequisites for them. Analysis of the factors of possible occurrence of accidents and injuries allows them to be used as an empirical basis for the formation and refinement of conceptual foundations for safety improvement

Key words: safety, expectation, process, regression, hypothesis, confidence interval, incident rate, severity of consequences, damage

С развитием технологических процессов и производственного оборудования совершенствовались и способы предупреждения происшествий и профессиональных заболеваний [1]. Сейчас, когда накоплены определенный опыт исследований и данные об имевших место происшествиях, уже можно подвести некоторые итоги и выявить причины, без устранения которых невозможно дальнейшее развитие системы обеспечения безопасности. Необходимым условием успешного решения этой задачи является детальное изучение имеющихся статистических данных.

Наиболее объективным критерием, используемым в настоящее время для статистической оценки уровня безопасности, является количество происшествий и размеры экономического ущерба от них. Поэтому, для выявления основных факторов аварийности и травматизма на одном из крупных предприятий Самарской области были использованы данные о происшествиях, зарегистрированных в течение достаточно продолжительного времени – 10 лет. Для проведения такого анализа, с целью установления закономерностей в условиях возникновения происшествий и оценки их параметров, использованы конкретные статистические данные.

Динамика изменения уровня безопасности – математического ожидания количества происшествий на одном объекте исследуемой выборки – X_j и величины среднего экономического ущерба от их появления – Y_j на рассматриваемом интервале времени представлена графически на рис. 1. «Сглаживание» статистической кривой изменения среднегодового количества происшествий, проведенное методом наименьших квадратов, позволило установить характер регрессионной зависимости, которая имеет следующий вид:

$$X_j = 1 + 4e^{-0.3j},$$

где $j = 0, 1, 2, \dots$ – время проведения технологических процессов на

объектах исследуемой выборки, в годах.

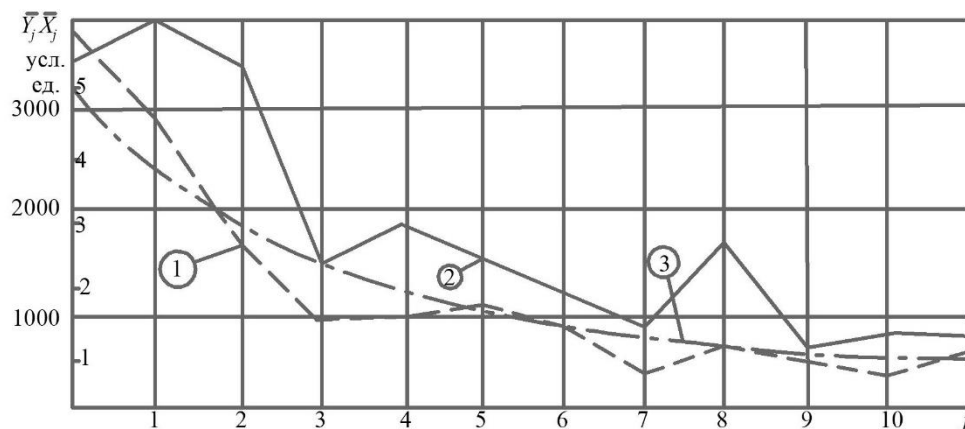


Рис. 1. Динамика аварийности и травматизма на крупном предприятии Самарской области за 10 лет: 1 – среднегодовое количество, \bar{X}_j ; 2 – среднегодовое значение, \bar{Y}_j ; 3 – кривая регрессии $\bar{X}(j) = 1 + 4e^{-0.3j}$

Как следует из рис. 1, характерной чертой рассматриваемого периода времени явилась явно выраженная тенденция количества происшествий и ущерба от них. Имеющиеся «всплески» и «провалы» в значениях показателей X_j , Y_j объясняются различной интенсивностью работ в изучаемый период времени, а также внедрением в систему обеспечения безопасности труда достаточно эффективных организационно-технических мероприятий, регламентирующих порядок подготовки и проведения технологических процессов. В целом же из графиков видно, что выбранные показатели стабилизировались к концу исследуемого интервала, что свидетельствует о выходе рассматриваемой системы в установившийся режим работы.

Изучение характера распределения происшествий во времени позволило выдвинуть статистическую гипотезу о случайности возникновения событий и возможности аппроксимации закона изменения времени между их возникновением – экспоненциальным распределением.

На основании имеющихся статистических данных оказалось

возможным рассчитать статистические оценки параметров предполагаемого теоретического распределения и проверить гипотезу о соответствии статистического распределения теоретическому. При этом обнаружилось приблизительное равенство математического ожидания количества происшествий на одном объекте его среднеквадратическому отклонению, что косвенно указало на справедливость выдвинутой гипотезы.

Более строгое обоснование предложенной гипотезы о пуассоновском характере количества происшествий в их потоке осуществлено с использованием критерия Пирсона [2], в результате чего была доказана непротиворечивость имеющихся эмпирических данных выдвинутой статистической гипотезе.

С целью проверки свойства стационарности потока происшествий на меньших, чем календарный год интервалах времени, построена гистограмма распределения их числа по месяцам года. Исследование представленной на рис. 2. гистограммы указало на существование сезонных колебаний в количестве происшествий (ломаная 1), обусловленных, как показало дополнительное изучение условий проведения рассматриваемых работ, различной их интенсивностью.

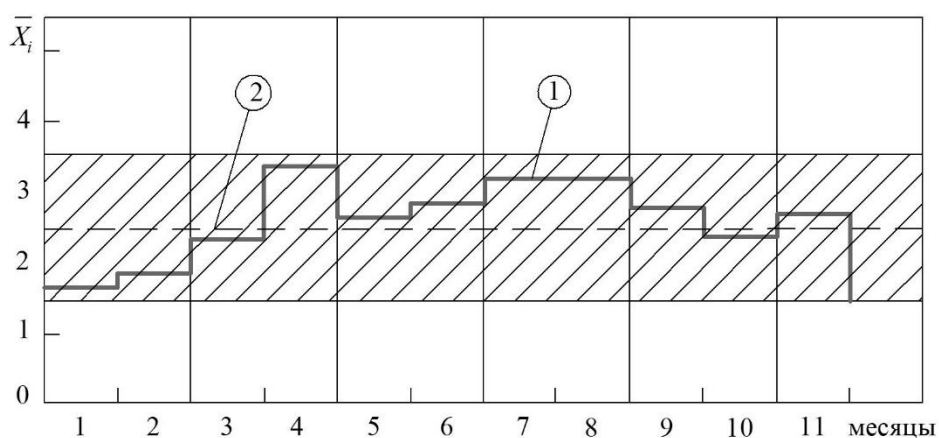


Рис. 2. Гистограмма и доверительные границы распределения травматизма по месяцам. Доверительные пределы оценки $\bar{X}_T = 2,4$ 1/мес.

Для аппроксимации статистического распределения ежемесячного числа происшествий равномерно распределенной случайной величиной, построены 90-процентные доверительные пределы для статистической оценки найденной случайной величины – прямая 2. Их сравнение указало на существование взаимно пересекающихся участков и позволило в первом приближении принять допущение о стационарности потока происшествий в течение календарного времени.

В процессе анализа имеющихся статистических данных были выявлены также основные источники опасных и вредных производственных факторов. Изучение причин и обстоятельств рассматриваемых происшествий показало, что среди используемых в настоящее время видов энергии наибольшую опасность представляют энергия электрического тока, кинетическая энергия движущихся машин и механизмов, термомеханическая энергия твердых, жидких и газообразных веществ.

Данные о показателях экономического ущерба от аварийности и травматизма на наиболее типичном технологическом оборудовании приведены в таблице. Как следует из материалов таблицы, основными источниками происшествий явились электросиловое оборудование средства заправки и хранения топлива и сжатых газов, подвижное технологическое оборудование. Наиболее тяжкие последствия (в пересчете на одно происшествие) вызваны энергией электрического тока химической энергией топлив и потенциальной энергией сжатых газов.

При отыскании закономерностей в условиях появления происшествий на исследуемых объектах, изучено в общей сложности несколько сот повторяющихся в той или иной мере обстоятельств, способствующих аварийности и травматизму при проведении технологических процессов. Общей характерной чертой практически всех рассматриваемых происшествий явилось то, что для их возникновения

необходимо появление, как правило, не одной, а нескольких предпосылок, образующих в совокупности причинную цепь происшествия.

Таблица

Характеристика опасных факторов и происшествий

а) последствия происшествий на оборудовании

Вид оборудования	Оценка показателей					
	ΣX	%	ΣY	%	Y	σ_y
Подвижное	124	43	81840	20,9	660	460
Заправочное	37	12,8	109980	28,2	2980	790
Электросиловое	37	12,8	160580	41,1	4340	910
Спецсооружение	26	9,0	11340	6,7	1010	630
Прочее	64	22,1	26260	2,9	177	64

б) опасные Факторы и оценки параметров происшествий

Оценка показателей	Опасный фактор (вид энергии)			
	электрическая	кинетическая	термо-химическая	другие энергии
Частота происшествий: кол-во (ЕХУ их доля (%))	98 34	134 46,6	39 13,5	17 5,9
Тяжесть последствий: ущерб, усл. ед. его доля, в %	163560 41,4	96710 24,5	122372 30,9	12107 3,2
Средний ущерб от одного происшествия и его дисперсия	4830 940	721 264	3120 870	712 286

Наиболее типичной причинной цепью оказалась последовательность событий-предпосылок следующего вида:

- ошибка человека и (или) отказ технологического оборудования и (или) недопустимое внешнее воздействие;
- появление опасного фактора в неожиданном месте и (или) не вовремя;

- неисправность либо отсутствие средств защиты и(или) неточные действия работающих, либо посторонних лиц в этой ситуации;

- воздействие опасных и (или) вредных производственных факторов на незащищенные элементы технологического оборудования, людей, окружающую их среду.

Более детальное изучение обстоятельств возможных происшествий, проведенных по предписаниям надзорных органов за 10 лет, с целью выявления первопричин, обусловивших ошибки работающих, позволило установить дополнительные факторы и их соотношение между основными компонентами [2]

Состав и распределение таких факторов показаны в виде диаграммы, представленной на рис. 3.

Как следует из рис. 3. дополнительными факторами аварийности и травматизма являются недостаточная надежность и эргономичность отдельных образцов технологического оборудования, несовершенство отбора и профессиональной подготовки самих работающих, низкое качество технологии и организации выполнения работ, приводящие к необходимости пребывания людей в потенциально опасных зонах, а также факторы, связанные с дискомфортом условий выполнения работ. Большинство из этих факторов не всегда приводят к возникновению происшествий, но значительно усложняют условия их выполнения за счет строгой регламентации технологии, необходимости соблюдения многочисленных мероприятий по обеспечению безопасности, способствуя тем самым росту напряженности труда и связанных с этим ошибок.

Работающие (человек) ~ 50%	Недостаточные навыки действий в сложных ситуациях	12,7%
	Неумение оценивать информацию о состоянии процессов	12,3%
	Слабое знание сущности происходящих процессов	7,3%
	Отсутствие самообладания в условиях стресса	5,6%
	Технологическая недисциплинированность	8,0%
	Другие факторы работающих	4,2%
Оборудование (техника) ~ 25%	Низкое качество конструкций рабочих мест	6,0%
	Высокая энергоёмкость источников энергии	8,0%
	Не учёт оборудованием работоспособности человека	0,7%
	Возможность возникновения опасных отказов	2,4%
	Другие факторы техники (оборудования)	7,4%
Условия внутренней среды ~ 17%	Дискомфортность по физико-химическим параметрам	2,8%
	Низкое качество информационной модели о состоянии среды	4,8%
	Возможность опасных воздействий на систему	9,0%
Порядок соблюдения технологии и выполнения работ ~ 8%	Неудобства подготовки и проведения работ	2,0%
	Неудобство ремонта и технологического обслуживания	3,8%
	Сложность алгоритма деятельности человека	1,2%
	Необходимость нахождения в потенциально-опасной зоне	0,8%

Рис. 3. Диаграмма возможных факторов появления аварийности и травматизма

Среди факторов, непосредственно способствующих аварийности и травматизму, выделились слабые практические навыки работающих в нестандартных или сложных ситуациях, неумение правильно оценивать информацию о состоянии протекающих с их участием процессов, низкое

качество конструкции рабочих мест, недостаточная в ряде случаев технологическая дисциплинированность их исполнителей.

В результате анализа имеющихся статистических данных о возможных происшествиях, зарегистрированных на достаточно представительной выборке исследуемых технологических процессов и обработанных с привлечением методов математической статистики, выделены некоторые закономерности, причины, факторы аварийности и травматизма. Основные из выявленных закономерностей могут быть сформулированы в виде совокупности следующих утверждений:

- аварийность и травматизм при массовом проведении производственных и технологических процессов можно (с приемлемым уровнем доверия) интерпретировать как совокупности потоков случайных событий, количество которых на ограниченных интервалах времени распределено по закону Пуассона [3], а время между появлением отдельных происшествий – по экспоненциальному закону;

- появление каждого конкретного происшествия или профессионального заболевания работающих является, как правило, следствием не отдельно взятой причины, а результатом возникновения и развития ‘причинной цепи предпосылок;

- инициаторами причинных цепей происшествий служат либо ошибки людей, обусловленные их недостаточной профессиональной подготовленностью к работам на технике, которая характеризуется конструктивным несовершенством и потенциально опасной технологией ее использования, либо отказы технологического оборудования, вызванные собственно низкой его надежностью, а также возникшие в результате ошибочных действий работающих, либо нерасчетные или неожиданные воздействия на людей и технику извне.

Полученные в процессе анализа данных представления о закономерностях, условиях и причинах возникновения происшествий

совпадают в основном с другими известными результатами как по составу и относительной значимости учитываемых факторов аварийности, травматизма и профессиональных заболеваний, так и по основополагающим условиям появления анализируемых событий и явления в целом [1].

Приведенные соображения о причинах и факторах аварийности и травматизма не претендуют на полное и исчерпывающее освещение данного вопроса – в силу его сложности и многогранности, а являются частью исследования данного вопроса.

Использованные источники:

1. Алекина, Е.В., Мельникова, Д.А., Яговкин, Г.Н. Теоретические основы формирования интегративной системы управления безопасностью производства: Монография / Е.В. Алекина, Д.А. Мельникова, Г.Н. Яговкин / Под общ. ред. Г.Н. Яговкина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. – 281 с.
2. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. Изд. 3-е, перераб. и доп./Под ред. В. Э. Фигурнова — М.: ИНФРА-М, 2002. — 528 с., ил.
3. Венцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. — М.: Наука, 1980. — 208 с.