Дата поступления рукописи в редакцию: 29.04.2025 г. DOI: 10.24412/2782-3830-2025-4-126-131
Дата принятия рукописи в печать: 13.05.2025 г.

ИЛЬЯСОВ Олег Рашитович,
доктор биологических наук,
профессор кафедры техносферная безопасность
Уральский государственный университет путей сообщения,
профессор кафедры техносферной и экологической безопасности
Уральский государственный аграрный университет,
старший научный сотрудник
Уральский научно-исследовательский
ветеринарный институт ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН,
e-mail: ilyasov3@rambler.ru

СИБИРЯКОВА Юлия Михайловна,
аспирант, кафедры техносферной безопасности,
Уральский государственный университет путей сообщения,
e-mail: julia.sibirykova@mail.ru

ЛОПАЕВА Надежда Леонидовна,
кандидат биологических наук,
доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
Уральский государственный аграрный университет,
e-mail: Lopaeva77@mail.ru

ХАЙРОВА Инна Михайловна,
старший преподаватель кафедры
хирургии, акушерства и микробиологии,
Уральский государственный аграрный университет,
e-mail: khairova70@mail.ru

СИНЬКО Вера Николаевна,
старший преподаватель кафедры философии,
Уральский государственный аграрный университет,
e-mail: vsinko71@mail.ru

ШИЛОВЦЕВ Андрей Владимирович,
кандидат исторических наук, доцент кафедры философии,
Уральский государственный аграрный университет,
доцент кафедры теории, методологии и правового
обеспечения государственного и муниципального управления
Уральский федеральный университет,
e-mail: shilovtsev@mail.ru

СБОР И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. *Статья подчеркивает сложность сбора и первичной обработки статистических данных травматизма и профзаболеваний на предприятиях металлургической промышленности Она также указывает на необходимость комплексного подхода к управлению рисками и планированию деятельности в области охраны труда.*

Ключевые слова*: математическая статистика, производственный травматизм, охрана труда, риски, металлургическая промышленность.*

ILYASOV Oleg Rashitovich,
Doctor of Biological Sciences,
Professor of the Department of Technosphere Safety,
Ural State University of Railways, Professor,
Department of Technosphere and Environmental Safety,
Ural State Agrarian University, Senior Researcher,
Ural Research Veterinary Institute, FSBNU UrFANITS UrO RAS

SIBIRYAKOVA Yulia Mikhailovna,
graduate student, Department of Technosphere Safety,
Ural State Transport University

LOPAEVA Nadezhda Leonidovna,
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Biotechnology and Food Products,
Ural State Agrarian University

KHAIROVA Inna Mikhailovna,
Senior Lecturer, Department of Surgery,
Obstetrics and Microbiology,
Ural State Agrarian University

SINKO Vera Nikolaevna,
senior lecturer of the philosophy department,
Ural State Agrarian University

SHILOVTSEV Andrey Vladimirovich,
Candidate of Historical Sciences,
Associate Professor of the Department of Philosophy,
Ural State Agrarian University, Associate Professor
of the Department of Theory, Methodology and Legal
Support of State and Municipal Administration
Ural Federal University

COLLECTION AND PRIMARY PROCESSING OF STATISTICAL DATA ON INJURIES AND OCCUPATIONAL DISEASES AT METALLURGICAL ENTERPRISES

Annotation*. The article highlights the complexity of collecting and initially processing statistical data on injuries and occupational diseases at metallurgical enterprises. It also points to the need for an integrated approach to risk management and planning of occupational safety activities.*

Key words*: mathematical statistics, industrial injuries, labor protection, risks, metallurgical industry.*

Цель – проанализировать статистические данные травматизма и профзаболеваний на предприятиях металлургической промышленности.

Задачи – провести сбор и первичную обработку статистических данных травматизма и профзаболеваний на предприятиях металлургической промышленности.

Методы исследования – аналитический метод исследования. Анализ научной и научно-методической литературы по проблеме внедрения практических навыков в образовательной среде.

Металлургическая промышленность является основой тяжелой индустрии, обеспечивающей выпуск материалов, необходимых для всех секторов экономики. Предприятия металлургической отрасли характеризуются масштабными производственными процессами, высокой материалоемкостью и энергозатратностью, что объясняется технологической сложностью процессов, таких как плавка, прокатка и обработка металлов.

Производственный процесс любой сферы деятельности тесно связан с риском для жизни и здоровья человека. Ни на одном предприятии

нельзя полностью исключить возникновение несчастного случая, но в то же время его можно урегулировать. Металлургическая промышленность характеризуются воздействием специфических опасных и вредных факторов, что, в свою очередь, сопряжено с возникновением рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. С целью снижения рисков требуются современные методы учета, анализа и прогнозирования показателей травматизма, чему отвечают статистические методы обработки данных. Применение научно обоснованных математических моделей для оценки профессиональных рисков позволит как прогнозировать, так и управлять рисками.

Попытки сделать прогноз уровня производственного травматизма были начаты в нашей стране в 70-ые годы. В последующие годы был опубликован ряд работ, где использовались совершенно разные подходы к решению этой проблемы. Например, предлагалось использовать метод априорного ранжирования факторов, уравнения множественной нелинейной регрессии, метод корреляционного, многофакторного дисперсионного и регрессионного анализов, теорию массового обслуживания, теоремы о сложении и умножении вероятностей, понятие полной вероятности и теорему гипотез (формула Бейеса) и даже теорию нечетких множеств. В работе для прогнозирования производственного травматизма использованы методы математического прогнозирования по динамическим рядам в сочетании с методом экспертных оценок [1].

Иной подход был использован в работах [2]. Было высказано предположение, что изменение показателей травматизма во времени представляет собой случайные события с детерминированной составляющей. Это дало возможность использовать для построения моделей производственного травматизма основные положения теории вероятности и методов математической статистики при обработке фактического материала. Для анализа исходных статистических баз данных о несчастных случаях в машиностроении и строительстве с последующим построением математической модели и прогнозированием ожидаемого уровня производственного травматизма впервые была использована теория случайных стационарных функций.

Сходный подход был в дальнейшем применен в работе [3], где автор использовал метод прогнозирования на основе компонентного анализа временных рядов с моделированием стационарного случайного процесса методом авторегрессии — скользящего среднего.

В дальнейшем метод прогнозирования риска травматизма на основе статистических данных показал, что в организациях агропромышленного комплекса Самарской области управление риском неэффективно и планирование деятельности нерационально [3]. Для улучшения ситуации требуется создание целого комплекса методик для разработки выбора общей стратегии деятельности и конкретных мероприятий по управлению охраной труда. Разработанные методики ранжирования направлений и организационно-технических мероприятий, анализа мероприятий по критерию дублирования задач, обработка результатов экспертных оценок, текущей оценки организационно-технических мероприятий позволили формализовать процесс по охране труда с учетом реальных финансовых возможностей, важности и времени их исполнения. Это позволило исключить возможные повторы и оценить методы решения задач в целом.

Краткосрочный прогноз производственного травматизма на 5 лет (2005-2009 годы) представлен на примере Дальневосточной железной дороги [4]. Авторы используют уже зарекомендовавший себя корреляционный анализ, находят уравнение регрессии для контингента работников, строят прогнозируемые на перспективу верхнюю и нижнюю границы интервала возможных значений контингента, далее строят диаграммы зависимостей контингента по годам. Данный метод, с вероятностью прогноза 0,95, показывает, что общий травматизм имеет тенденцию к снижению, однако необходимы профилактические мероприятия.

Еще одна попытка практически в те же годы разработать методику прогнозирования производственного травматизма на железнодорожном транспорте предпринята в диссертации [5]. Автор рассматривает травматизм в АО «Национальная компания Казахстан Темир Жолы» на железнодорожном транспорте с 2005 по 2008 годы. Для прогнозирования производственного травматизма разработан алгоритм его расчета, а в качестве основных критериев взяты частота и тяжесть несчастных случаев. Предлагаемые критерии оцениваются уравнением Байеса и выражают плотность вероятности совместного распределения травматизма и потерь. В соответствии с законом условной вероятности, параметры распределения характеризуются условиями, выражающими прогнозируемую частоту и тяжесть травмирования. В результате автором была разработана методика по снижению уровня производственного травматизма на железнодорожном транспорте, определяющая надежность его работы и вероятность травмирования.

Применение теории Байеса довольно популярно для анализа различных факторов, влияющих на риск и на уровень производственного, бытового или спортивного травматизма.

Для прогнозирования риска травматизма в статье [6] была предложена методика из семи психологических тестов. Посредством этой методики проведено тестирование нескольких десятков больных травматологического отделения и такого же количества здоровых людей. Построены соответствующие гистограммы, на основе которых определены условные априорные риски. Согласно критерию Байеса, определен апостериорный риск травматизма. Предложена агрегирующая формула апостериорного риска по всем тестовым методикам.

Применение Байесовских сетей представлено и в работе [6] для оценки риска травматизма при занятии пауэрлифтингом. Работа проведена на основе анкетирования спортсменов, данные которых разбили на блоки — возраст, опыт, спортивная квалификация и другие. Затем в системе Agena Risk построена полная сеть модели, позволяющая узнать вероятность получения травмы и ее причину.

Теория информационных цепей была использована в работе [7]. Авторы рассматривают рабочий коллектив как модель «вход-выход». На входе в систему действуют факторы производственной среды, обучающая информация (инструктажи) и защитные средства, на выходе — производственный травматизм и производственно-обусловленная заболеваемость (ПОЗ). Выдвигается гипотеза, что, изменяя параметры одного из входных данных, в частности обучающей информации, можно добиться заметного снижения производственного травматизма. Для дальнейших исследований, связанных с выявлением оптимальной частоты проведения инструктажей, при которых уровни производственного травматизма будут минимальными, авторы предполагают использовать математический аппарат теории нечетких множеств.

Совершенно другой подход использован в работе [8], предлагающей применение метода вейвлет и фрактального анализа. В статье представлена методика, в основе которой лежит модель прогнозирования риска производственного травматизма именно с помощью этого метода. Вейвлет-анализ применяется для анализа сложных данных и позволяет выявить различные свойства сложного сигнала, невидимые при обычном представлении в режиме реального времени. По величине фрактальной размерности, отражающей количество несчастных случаев в исследуемом промежутке, можно судить о степени хаотичности самого процесса. Авторы проанализировали статистические данные по несчастным случаям, которые происходили в г. Комсомольске-на-Амуре в период с 2000 по 2007 годы. Сама методика предполагает последовательную реализацию пяти этапов исследования, которая включает: формирование ряда значений, отражающих изменения количества несчастных случаев в исследуемом интервале времени; комплексную обработку временного ряда названным методом; интерпретацию полученных результатов; выделение наименее устойчивых факторов, стремящихся к нестабильному состоянию на основе которых можно выделить группы, наиболее подверженные риску, и составление прогнозных оценок. Последним этапом является разработка необходимых мероприятий.

В статье [8] авторы, опираясь на журналы регистрации несчастных случаев в ОАО «Амурметалл» за десятилетний период с 1999 по 2008 годы, дают краткосрочный прогноз травматизма на 2009 год по линии тренда, которая строилась тремя способами — линейным, логарифмическим и экспоненциальным. В результате более достоверным оказался линейный тренд, при котором погрешность составила 23%. Также в статье авторы предлагают прогнозировать индивидуальный риск травматизма, исходя из анализа рисков травматизма той группы, к которой относится работник.

В работе [9] представлено математическое прогнозирование уровня производственного травматизма для ООО «ПК НЭВЗ». Авторы использовали метод экстраполяции с помощью MathCAD. Предварительно авторы просчитали показатели частоты, тяжести и летальности ПТ за период с 1946 по 2013 годы. Полученные данные были импортированы в MathCAD, произведены этапы отладки, рассчитана погрешность, найден доверительный интервал. В результате проделанной работы был составлен прогноз уровня производственного травматизма на период с 2014 года по 2017 годы.

Функция экстраполяции в MathCAD также использовались в работе [10] при прогнозировании производственного травматизма в горнодобывающей промышленности в республике Зимбабве. Авторы провели расчеты на основе статистики по взрывам сосудов под давлением. При отладке прогноза использовался период времени с накопленной статистикой с 2010 по 2014 годы. В результате погрешность прогноза составила не более 10 %, что подтверждает эффективность и достоверность данного метода.

При моделировании процессов встречаются пространственные данные (cross-sectional data) и временные ряды (time-series data).

Примером пространственных данных является, например, набор сведений (объем производства, количество работников, доход и др.) по

разным фирмам в один и тот же момент времени (пространственный срез). Другим примером могут являться данные по курсам покупки/продажи наличной валюты в какой- то день по обменным пунктам города [11].

Примерами временных рядов могут быть ежеквартальные данные по инфляции, средней заработной плате, национальному доходу, денежной эмиссии за последние годы, или, например, еженедельный курс доллара США [11].

Отличительной чертой временных рядов является то, что они естественным образом упорядочены по времени, кроме того, наблюдения в близкие моменты времени часто бывают зависимыми.

Важно отметить, что данные о статистике травматизма являются автокоррелирующими (коррелирующими последовательно), что определяется как корреляция между наблюдаемыми показателями, упорядоченными во времени (временные ряды) или в пространстве (перекрестные данные). При использовании данных временных рядов в регрессионном анализе обычно встречается автокорреляция остатков [12]. Ситуация противоположна при использовании перекрестных данных. Чаще всего положительная автокорреляция ($(\sigma(\varepsilon,\varepsilon i) \geq 0$) вызывается направленным постоянным воздействием некоторых не учтенных в модели факторов. Отрицательная автокорреляция ($(\sigma(\varepsilon,\varepsilon i) \leq 0$) фактически означает, что за положительным отклонением имеет место отрицательное и наоборот. Среди основных причин, вызывающих появление автокорреляции, можно выделить ошибки спецификации, инерцию в изменении показателей, эффект паутины, сглаживание данных.

Под эффектом паутины понимается запаздывание реагирования изменений показателей на изменение условий. Сглаживание данных есть усреднение данных некоторого продолжительного периода по составляющим его подинтервалам. Обычно это влечет за собой сглаживание колебаний внутри рассматриваемого периода, что может послужить причиной автокорреляции. Инерция же есть цикличность, другими словами, волнообразная активность.

Основной причиной наличия случайного члена в модели являются несовершенные знания о причинах и взаимосвязях, определяющих то или иное значение зависимой переменной [12]. Это объясняет свойства случайных отклонений, таких как автокорреляция. Они зависят от выбора формулы зависимости и состава объясняющих переменных. Так как автокорреляция чаще всего вызывается неправильной спецификацией модели, то для её устранения необходимо, прежде всего, попытаться скорректировать саму модель [13, 14].

Выводы:

Для финальных вариантов моделей прогнозирования производственного травматизма будет использоваться тот метод, который давал наиболее точный результат оценки.

Список литературы:

[1] Общие правила безопасности для металлургических и коксохимических предприятий и производств. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/245163/ (дата обращения: 17.01.25).

[2] Коротич В.И., Братчиков С.Г. Металлургия черных металлов: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 2012.- 240с.

[3] Тимофеева Е. М., Тимофеева А. С. Совершенствование системы управления производственными затратами металлургического предприятия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 3. – 2. – С. 250–252.

[4] Анализ производственного травматизма: особенности в металлургической отрасли // Журнал «Фактор риска». URL: https://journal.fcrisk.ru/2021/4/13 (дата обращения: 27.01.2025).

[5] Демографическое обозрение. Динамика производственного травматизма в России: снижение травм и рост тяжести // Демографическое обозрение. URL: https://demreview.hse.ru/article/download/9840/10750/ (дата обращения: 27.01.2025).

[6] Причины производственного травматизма в металлургии // MetallPlace. URL: https://metallplace.ru/about/stati-o-chernoy-metalurgii/prichiny-proizvodstvennogo-travmatizma-v-metallurgii/ (дата обращения: 27.01.2025).

[7] Математическое моделирование в управлении охраной труда. / Калининград, гос. техн. ун-т. — Калининград: ФГУИПП «Янтар. сказ», 2002. — 184 с.

[8] Салтыков, А. М. Система управления охраной труда в Удмуртской Республике // Справочник специалиста по охране труда. - 2002. - № 11. — С. 6— 14.

[9] Севастьянов, Б.В. Управление безопасностью труда: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. В 2 ч. / Б.В. Севастьянов, Е.Б. Лисина, И.Г. Тюрикова; под общ. ред. проф. Б.В. Севастьянова. - Ч. I. Государственное управление охраной труда. - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2010. - 296 с. - (Безопасность технологических процессов и производств).

[10] Севастьянов, Б.В. Управление безопасностью труда: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. В 2 ч. / Б.В. Севастьянов, Е.Б. Лисина, И.Г.Тюрикова; под общ. ред. проф. Б.В. Севастьянова. - Ч. II. Организация работы по

охране труда. - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2010. - 528 с. - (Безопасность технологических процессов и производств).

[11] Горлов, А. Г. Охрана труда в муниципальных образованиях // Справочник специалиста по охране труда. - 2002. - № 4. - С. 12-15.

[12] Ерёмина, Т. А. Оценка состояния производственного травматизма на примере ООО «Ростовского прессово-раскройного завода» / Т. А. Ерёмина, Ю. А. Чепцова // Юбилейная конф. студ. и молодых ученых, посв. 85-летию ДГТУ: сб. докладов науч.-техн. конференции. — Ростов-на-Дону, 2015. — С.585-600.

[13] Тимофеева Г.А., Ие О.Н. Применение синтетической гравитационной модели с показательно-степенной функцией тяготения для расчета расщепления пассажиропотока по разным видам общественного транспорта // Транспорт Урала. – 2020. - № 4 (67). – С. 3-9.

[14] Тимофеева Г.А., Завалищин Д.С. Математическая модель регулируемого перекрестка. // Транспорт Урала. – 2008. – № 2(17). – С. 92-97.

Spisok literatury:

[1] Obshchie pravila bezopasnosti dlya metallurgicheskih i koksohimicheskih predpriyatij i proizvodstv. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/245163/ (data obrashcheniya: 17.01.25).

[2] Korotich V.I., Bratchikov S.G. Metallurgiya chernyh metallov: Uchebnik dlya vuzov. M.: Metallurgiya, 2012.- 240s.

[3] Timofeeva E. M., Timofeeva A. S. Sovershenstvovanie sistemy upravleniya proizvodstvennymi zatratami metallurgicheskogo predpriyatiya // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2015. – № 3. – 2. – С. 250–252.

[4] Analiz proizvodstvennogo travmatizma: osobennosti v metallurgicheskoj otrasli // Zhurnal «Faktor riska». URL: https://journal.fcrisk.ru/2021/4/13 (data obrashcheniya: 27.01.2025).

[5] Demograficheskoe obozrenie. Dinamika proizvodstvennogo travmatizma v Rossii: snizhenie travm i rost tyazhesti // Demograficheskoe obozrenie. URL: https://demreview.hse.ru/article/download/9840/10750/ (data obrashcheniya: 27.01.2025).

[6] Prichiny proizvodstvennogo travmatizma v metallurgii // MetallPlace. URL: https://metallplace.ru/about/stati-o-chernoy-metalurgii/prichiny-proizvodstvennogo-travmatizma-v-metallurgii/ (data obrashcheniya: 27.01.2025).

[7] Matematicheskoe modelirovanie v upravlenii ohranoj truda. / Kaliningrad, gos. tekhn. un-t. — Kaliningrad: FGUIPP «Yantar. skaz», 2002. — 184 s.

[8] Saltykov, A. M. Sistema upravleniya ohranoj truda v Udmurtskoj Respublike // Spravochnik specialista po ohrane truda. - 2002. - № 11. — S. 6— 14.

[9] Sevast'yanov, B.V. Upravlenie bezopasnost'yu truda: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij. V 2 ch. / B.V. Sevast'yanov, E.B. Lisina, I.G. Tyurikova; pod obshch. red. prof. B.V. Sevast'yanova. - Ch. I. Gosudarstvennoe upravlenie ohranoj truda. - Izhevsk: Izd-vo IzhGTU, 2010. - 296 s. - (Bezopasnost' tekhnologicheskih processov i proizvodstv).

[10] Sevast'yanov, B.V. Upravlenie bezopasnost'yu truda: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij. V 2 ch. / B.V. Sevast'yanov, E.B. Lisina, I.G.Tyurikova; pod obshch. red. prof. B.V. Sevast'yanova. - Ch. II. Organizaciya raboty po ohrane truda. - Izhevsk: Izd-vo IzhGTU, 2010. - 528 s. - (Bezopasnost' tekhnologicheskih processov i proizvodstv).

[11] Gorlov, A. G. Ohrana truda v municipal'nyh obrazovaniyah // Spravochnik specialista po ohrane truda. - 2002. - № 4. - S. 12-15.

[12] Eryomina, T. A. Ocenka sostoyaniya proizvodstvennogo travmatizma na primere OOO «Rostovskogo pressovo-raskrojnogo zavoda» / T. A. Eryomina, Yu. A. Chepcova // Yubilejnaya konf. stud. i molodyh uchenyh, posv. 85-letiyu DGTU: sb. dokladov nauch.-tekhn. konferencii. — Rostov-na-Donu, 2015. — S.585-600.

[13] Timofeeva G.A., Ie O.N. Primenenie sinteticheskoj gravitacionnoj modeli s pokazatel'no-stepennoj funkciej tyagoteniya dlya rascheta rasshchepleniya passazhiropotoka po raznym vidam obshchestvennogo transporta // Transport Urala. – 2020. - № 4 (67). – S. 3-9.

[14] Timofeeva G.A., Zavalishchin D.S. Matematicheskaya model' reguliruemogo perekrestka. // Transport Urala. – 2008. – № 2(17). – S. 92-97.