

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ТРАВМАТИЗМА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕГЕТИКИ

© 2024 О. Л. Дариенко, К. Н. Лабинский

Автомобильно-дорожный институт (филиал)
Донецкого национального технического университета в г. Горловка, Россия

Статья поступила в редакцию 10.01.2024

В статье произведен анализ формирования факторов, состава индикаторов и показателей производственного травматизма, позволяющих осуществить оценку состояния охраны труда на предприятиях теплоэнергетики, а также определить причины их формирования. Приводятся данные о пострадавших на предприятиях теплоэнергетики по видам происшествий и факторам воздействия за 2019-2022 г. Предложен подход к определению структуры показателей, влияющих на уровень производственного травматизма, и сформированы обобщающие факторы на основе отобранных информативных показателей, обеспечивающих возможность анализа эффективности состояния травматизма на предприятиях теплоэнергетики. На основе применения метода главных компонент сформированы обобщающие факторы, что позволило снизить размерность информативного поля и упростить характеристические уравнения математической модели прогнозирования травматизма на предприятиях теплоэнергетики.

Ключевые слова: индикаторы, показатели, производственный травматизм, информативное поле, характеристические уравнения, математическая модель.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-103-111

EDN: IDNFUM

ВВЕДЕНИЕ

Производственный травматизм представляет собой актуальную проблему во всех странах мира, в том числе, и в Российской Федерации. По данным ВОЗ, смертность от несчастных случаев на производстве в настоящее время занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. По данным Международной организации труда каждые три минуты в результате несчастного случая или профессионального заболевания в мире погибает один работник, а ежесекундно четверо работающих получают травму.

Несмотря на снижение общего количества случаев производственного травматизма в России за последние годы, положение в сфере охраны труда остается достаточно напряженным.

Анализируя состояние производственного травматизма в сфере теплоэнергетики, которая характеризуется его достаточно высоким уровнем (рис. 1), можно утверждать, что задача создания надлежащих условий труда требует не только организационно-управленческих, но и технических решений и комплексного подхода.

В этой связи повышение уровня эффективности управления охраной труда на предприятиях теплоэнергетического комплекса является актуальной научной задачей, позволяющей в рамках предложенных моделей осуществить оптимальный выбор мер по охране труда.

Исследования информационных источников относительно подходов к оценке травматизма на производстве дают основание утверждать, что проблема оценки уровня травматизма на предприятиях теплоэнергетики в современных условиях требует дальнейшей разработки [2-4]. В результате возникает научная задача по выявлению структуры отобранных информативных показателей, влияющих на уровень производственного травматизма предприятий теплоэнергетики, и формирования на их основе обобщающих факторов.

Нужно отметить, что при решении задач обеспечения качества процессов человеческий фактор имеет ключевое значение [5, 6], поэтому решение задач охраны труда прямым образом влияет на конкурентоспособность энергетических предприятий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Построение системы показателей анализа и оценки уровня травматизма на производстве является сложной и актуальной задачей. Если наращивать их количество, можно получить разветвленную систему показателей, каждый

Дариенко Оксана Леонидовна, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность».

E-mail: dariyenkoo@mail.ru

Лабинский Константин Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство зданий, подземных сооружений и геомеханика».

E-mail: kontantin.labinskiy@mail.ru

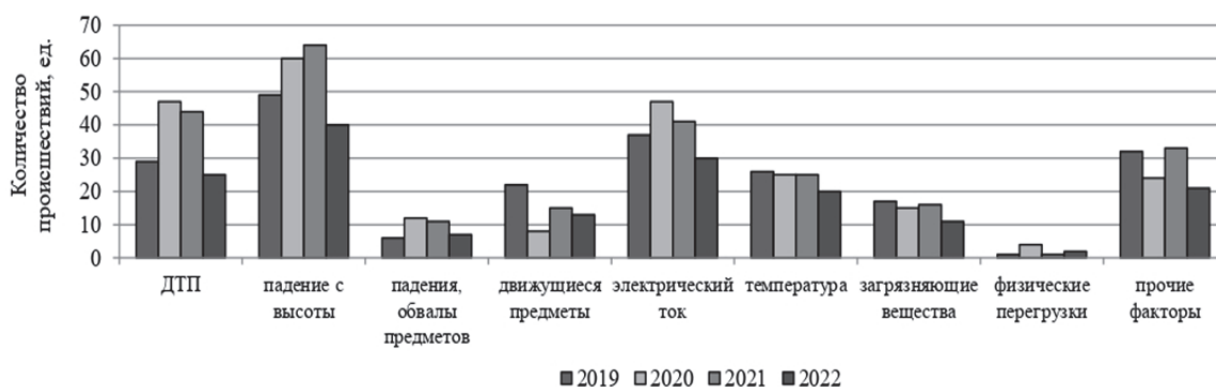


Рисунок 1 – Количество пострадавших на предприятиях теплоэнергетики по видам происшествия и факторам воздействия за 2019-2022 г. [1]

из которых будет достаточно объективно отражать действие отдельного фактора на производственный травматизм.

В процессе анализа показателей возникает необходимость выбора наиболее влиятельных с точки зрения достижения конечного качественного результата – воздействия, возможности контроля и анализа уровня производственного травматизма на предприятиях теплоэнергетики. Решение поставленной проблемы и достижение результатов заключается в выявлении наиболее приоритетных для анализа показателей.

В рамках данного исследования была выдвинута гипотеза, что исследуемая система объектов (производство) состоит из конечного множества A_0 показателей $A_n, A_0 = \{A_n | n=1, N\}$. Каждый из показателей $A_n \in A_0$ всего конечного множества A_0 распределяется в группу E_0 наиболее влиятельных подгрупп $E_k; E_k \in E_0 = \{E_k | k=1, K\}$. Необходимо сформировать количество наиболее влиятельных подгрупп E_k показателей $A_n, A_0 = \{A_n | n=1, N\}, E_k \in E_0$, которые будут проанализированы с целью решения поставленной задачи S . Под задачей понимается исследование показателей, которые позволяют осуществить оценку уровня производственного травматизма, их распределение и группирование с целью определения наиболее корректных из них в сфере охраны труда, и которые наиболее полно отражают состояние уровня травматизма на предприятиях теплоэнергетики.

Решение поставленной задачи возможно в условиях проведения экспертной оценки объекта управления. Под экспертной оценкой обычно понимают проведение группой компетентных специалистов измерения некоторых характеристик при подготовке принятия решения [7]. Особенность такой процедуры заключается в том, что в качестве измерительных приборов выступают люди. Причины привлечения экспертов к оценке объектов просты: либо сами объекты или их характеристики субъективны, либо отсутствуют соответствующие приборы, которые

объекты или их характеристики еще предстоит создать (как это имеет место при составлении прогнозов развития любой системы).

В ходе экспертной оценки причин производственного травматизма была задействована группа из 20 экспертов, компетентных в данной сфере, а именно – сотрудников и инженеров по охране труда, по результатам экспертного оценивания которыми была определена совокупность причин, наиболее соответствующих поставленной задаче оценки уровня производственного травматизма.

В результате анализа было выявлено 30 причин производственного травматизма (табл. 1).

Анализ причин произведен по 12-бальной шкале с целью определения веса каждой из них в решении задачи оценка текущего состояния производственного травматизма.

Причинам были присвоены номера (ранги), характеризующие их роль в вопросе оценки текущего состояния травматизма на производстве (более важным показателям присваивались первые номера). В целях определения согласованности оценок экспертов о важности каждой из причин был проведен анализ данных оценок с использованием коэффициента конкордации Кендалла [8]:

$$W = \frac{12 \cdot D}{m^2 (k^3 - k)}, \quad (1)$$

где $D = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} \cdot m \cdot (k+1) \right\}^2$ – сумма квадратов разниц (отклонений); m – количество экспертов; k – количество показателей.

После определения коэффициента конкордации произведена оценка его значимости на основании критерия χ^2 . Учитывая, что некоторые эксперты дали одинаковые оценки показателям, расчет был осуществлен следующим образом [8]:

Таблица 1 – Причины производственного травматизма на предприятиях теплоэнергетики

Фактор	Наименование фактора
X1	конструктивные недостатки, несовершенство, недостаточная надежность средств производства
X2	Проблемы автоматизации обеспечивающих процессов: конструктивные недостатки, несовершенство, недостаточная надежность транспортных средств
X3	некачественная разработка или отсутствие проектной документации на строительство, реконструкцию производственных объектов, зданий, сооружений, оборудования
X4	некачественное выполнение строительно-монтажных работ
X5	несовершенство, несоответствие требованиям безопасности технологического процесса
X6	неудовлетворительное техническое состояние производственных объектов, зданий, сооружений, территории
X7	неудовлетворительное состояние производственной среды
X8	прочие технические причины
X9	неудовлетворительное функционирование, несовершенство или отсутствие системы управления охраной труда
X10	недостатки при обучении безопасным приемам труда, в том числе: отсутствие или некачественное проведение инструктажа, допуск к работе без обучения и проверки знаний по охране труда
X11	некачественная разработка, несовершенство инструкций по охране труда или их отсутствие
X12	нарушение режима труда и отдыха
X13	отсутствие или некачественное проведение медицинского обследования
X14	неиспользование средств индивидуальной защиты из-за необеспеченности ими
X15	привлечение к работе работников не по специальности
X16	нарушение технологического процесса
X17	нарушение требований безопасности при эксплуатации оборудования, машин, механизмов и т. д.
X18	нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств
X19	нарушение правил дорожного движения
X20	неиспользование средств индивидуальной защиты (при их наличии)
X21	нарушение трудовой и производственной дисциплины
X22	неисполнение должностных обязанностей
X23	невыполнение требований инструкций по охране труда
X24	другие организационные причины
X25	алкогольное, наркотическое, токсикологическое отравление или опьянение
X26	неудовлетворительные физические данные или состояние здоровья
X27	травмирование в результате противоправных действий третьих лиц
X28	личная неосторожность потерпевшего
X29	прочие психофизиологические причины
X30	прочие причины (без учета технических, организационных и психофизиологических причин)

$$W = \frac{12 \cdot D}{m^2 \left(k^3 - k \right) - m \cdot \sum_{i=1}^e T_i}, \quad (2)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum_{v=1}^n \left(t_v^3 - t_v \right), \quad (3)$$

где e – число строк, имеющих связанные ранги; n – число типов связанных рангов в строке; t – количество равных рангов из i -й строки.

Если $\chi_{расч}^2 = m \cdot (k-1) \cdot W > \chi_{кр}^2$, то считается, что мнения экспертов согласованы при выбранном уровне значимости. По результатам расчетов по формулам (2) и (3) были получены

следующие результаты: $T_i = 781,5$, $W = 0,89$, $\chi^2_{расч} = 513,94$.

Критическое значение для однопроцентного уровня значимости и числа степени свободы, равного 29, составляет $\chi^2_{кр} = 42,56$ [8]. Поскольку $\chi^2_{расч} = 513,94 > \chi^2_{кр} = 42,56$, то была принята гипотеза о наличии согласованности мнений экспертов. Графическая интерпретация согласованности мнений экспертов и определения веса каждого показателя по оценке текущего состояния производственного травматизма приведены на рисунке 2.

Результаты экспертного анализа показывают, что в большинстве случаев причинами наступления несчастного случая на производстве являются нарушения трудовой и производственной дисциплины, неудовлетворительное техническое состояние, неудовлетворительное состояние производственной среды, нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, нарушение требований безопасности во время эксплуатации оборудования, машин, механизмов и т.д.

Для определения факторов, оказывающих наиболее сильное влияние на уровень производственного травматизма, необходимо исключить малоинформативные показатели, что целесообразно осуществить с помощью многомерного статистического анализа [7, 8].

Для дальнейшего анализа было проведено ранжирование 30 предварительно отобранных показателей [8] с целью выявления уровня влияния каждого из них на уровень производственного травматизма. Далее проведена проверка гипотезы о наличии или отсутствии определенной структуры влияния на уровень производственного травматизма.

Существует два подхода к выделению характеристик, оказывающих влияние на действие фактора [9]. К первому относят методы, позволяющие сократить размерность множества без видоизменения параметров. Вторым подход объединяет методы, при которых снижение размерности пространства выполняется одновременно с его преобразованием.

Из известных современной науке методов, позволяющих обобщать значения элементарных признаков, метод главных компонент отличается простым логическим построением. Он используется для решения следующих типов задач:

- анализ причинно-следственных связей показателей и определение их стохастической связи с главными компонентами;
- построение обобщенных технико-экономических характеристик;
- ранжирование объектов или наблюдений за главными компонентами;
- классификация объектов наблюдений;
- сжатие исходной информации;
- построение уравнений регрессии по обобщенным технико-экономическим показателям [10].

Исследование проводилось с использованием статистических данных по отчетам Федеральной службы государственной статистики (Росстат): форма № 1-Т (условия труда) «Сведения о состоянии условий труда и компенсациях за работу с вредными и (или) опасными условиями труда»; форма № 7-травматизм «Сведения о травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях»; приложение к форме 7-травматизм «Сведения о распределении числа пострадавших при несчастных случаях на производстве по основным видам происшествий и причинам несчастных случаев».

Модель компонентного анализа предполагает, что любой признак z_j может быть представ-



Рисунок 2 – Результаты анализа причин производственного травматизма на предприятиях теплоэнергетики (экспертная оценка)

лен комбинацией главных компонент f_i в виде:

$$\bar{z}_j = a_1 \cdot \bar{f}_1 + a_2 \cdot \bar{f}_2 + \dots + a_{ij} \cdot \bar{f}_n, \quad (4)$$

где $f_1 \dots f_n$ – главные компоненты; a_{ij} – вес i -й главной компоненты в j -й переменной.

Главные компоненты \bar{f}_i являются некоррелированными между собой безразмерными переменными, представляющими линейную комбинацию n -переменных:

$$\bar{f}_i = a_{i1} \cdot \bar{z}_1 + a_{i2} \cdot \bar{z}_2 + \dots + a_{in} \cdot \bar{z}_n. \quad (5)$$

Анализ главных компонент сводится к нахождению линейного преобразования n признаков с целью получения совокупности некоррелированных нормированных переменных, дисперсии которых обладают следующим свойством:

$$\sigma^2(\bar{f}_1) \geq \sigma^2(\bar{f}_2) \geq \dots \geq \sigma^2(\bar{f}_n). \quad (6)$$

То есть, первая главная компонента определяет максимально возможный вклад в суммарную дисперсию результатов наблюдений, вторая – максимальный вклад в дисперсию, остающуюся после исключения дисперсии первой компоненты и т. д. Это соответствует преобразованию начальной матрицы к матрице вида:

$$F_{[n]}^T F_{[n]} = \begin{bmatrix} \sigma^2(\bar{f}_1) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma^2(\bar{f}_2) & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \sigma^2(\bar{f}_n) \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Вычисление главных компонент совокупности результатов и наблюдений в соответствии с приведенным выше алгоритмом сводится к анализу матрицы корреляционных моментов и вычислению собственных чисел и собственных векторов этой матрицы [9-11].

Ортогональное преобразование случайного вектора сохраняет инвариантность обобщен-

ной дисперсии и суммы компонент дисперсий. То есть обобщенная дисперсия вектора главных компонент равна обобщенной дисперсии исходного вектора, а сумма дисперсий главных компонент равна сумме дисперсий исходных величин [11].

Первый шаг процедуры анализа множества статистических данных предполагает проведение расчета на основе исходных данных корреляционной матрицы, отражающей тесноту связи между причинами производственного травматизма, которые, по мнению экспертов, оказывают на него существенное воздействие (табл. 2). Вычисления произведены с помощью стандартного модуля Factor Analysis пакета прикладных программ STATISTICA [12].

Корректное решение задачи с помощью метода главных компонент предполагает подтверждение значимости исходной матрицы парных корреляций и достаточного количества обобщенных факторных признаков для анализа.

Проверка значимости корреляционной матрицы осуществляется с помощью критерия Уилкса – χ^2 , рассчитываемого по формуле Бартлета [9]:

$$\chi^2 = - \left(n - \frac{1}{6} \cdot (2m + 5) \right) \cdot \ln |R|, \quad (8)$$

где n, m – количество наблюдений и количество элементарных признаков, соответственно; R – корреляционная матрица.

Сравнение рассчитанного по выражению (8) значения критерия Уилкса ($\chi^2 = 485,79$) с табличным значением $\chi^2 = 42,56$ (для доверительного уровня вероятности 89 % и количества степеней свободы $v = \frac{1}{2} m(m-1)$), позволяет

сделать вывод о значимости матрицы корреляционной

Таблица 2 – Корреляционная матрица

Причины ПТ	Коэффициент корреляции											
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1,00	0,98	0,81	0,79	0,89	0,70	0,98	0,58	0,88	0,82	0,80	0,45
X2	0,98	1,00	0,85	0,83	0,93	0,75	0,96	0,48	0,90	0,85	0,79	0,40
X3	0,81	0,85	1,00	0,98	0,96	0,98	0,71	0,23	0,99	1,00	0,93	0,39
X4	0,79	0,83	0,98	1,00	0,94	0,97	0,68	0,28	0,96	0,99	0,95	0,48
X5	0,89	0,93	0,96	0,94	1,00	0,92	0,83	0,32	0,97	0,96	0,87	0,35
X6	0,70	0,75	0,98	0,97	0,92	1,00	0,58	0,11	0,95	0,98	0,88	0,31
X7	0,98	0,96	0,71	0,68	0,83	0,58	1,00	0,59	0,80	0,73	0,69	0,41
X8	0,58	0,48	0,23	0,28	0,32	0,11	0,59	1,00	0,33	0,25	0,44	0,57
X9	0,88	0,90	0,99	0,96	0,97	0,95	0,80	0,33	1,00	0,99	0,92	0,39
X10	0,82	0,85	1,00	0,99	0,96	0,98	0,73	0,25	0,99	1,00	0,93	0,42
X11	0,80	0,79	0,93	0,95	0,87	0,88	0,69	0,44	0,92	0,93	1,00	0,64
X12	0,45	0,40	0,39	0,48	0,35	0,31	0,41	0,57	0,39	0,42	0,64	1,00

ляций, поскольку $\chi^2 > \chi_T^2$. Таким образом, отобранные на основе ранжирования причины производственного травматизма, дают основания для поиска обобщенных причин [9].

Рациональное количество главных компонент позволяет выбрать критерий «отсеивания» (scree-test), разработанный Каттеллом [13]. Последовательность выделения главных компонент целесообразно представить в виде графика «каменистой осыпи» (рис. 3), указывающей на целесообразность формирования трех главных компонент.

Результаты применения метода главных компонент представлены данными матрицы факторных нагрузок (табл. 2) Анализ коэффициентов этой матрицы позволяет провести численно-формальное объяснение коэффициентов корреляции, а это дает возможность предположить, что за корреляциями стоит фактор, который мог бы их обуславливать.

Как видно из матрицы факторных нагрузок (табл. 3), сформированные три основных компоненты описывают 97 % общей дисперсии. Но для улучшения интерпретации обобщенных факторов F_1 и F_3 необходимо осуществить вращение факторного пространства методом «варимакс» [10].

Метод «варимакс» предполагает вращение факторных осей таким образом, чтобы при сохранении ортогональности факторов минимизировалось число переменных с высокой факторной нагрузкой [10]. После проведения процедуры вращения методом «варимакс», матрица факторных нагрузок приобретает вид (табл. 4).

Первую главную компоненту F_1 (57 % от общей дисперсии) составили организационные показатели, связанные с нарушением/несоблюдением правил техники безопасности, обусловленные, прежде всего, человеческим фактором. Во вторую главную компоненту F_2 (26,37 % от

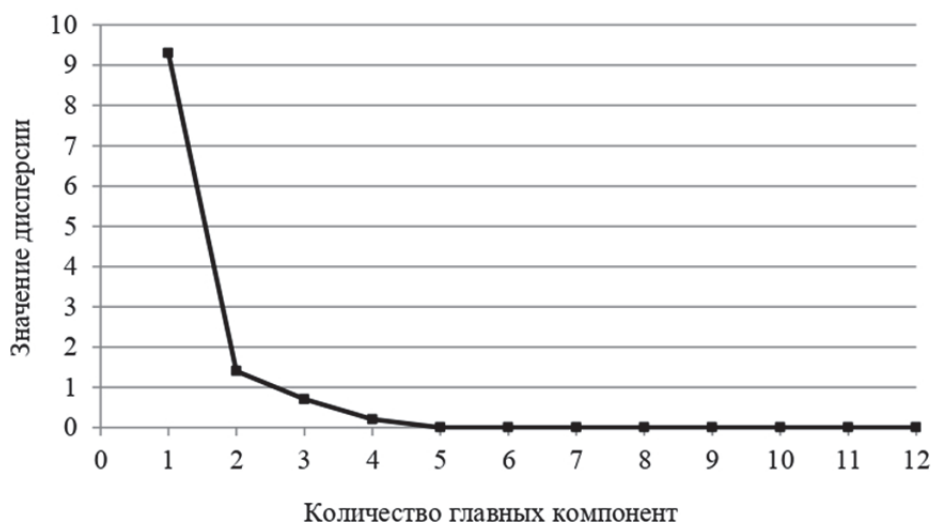


Рисунок 3 – График «каменистой осыпи»

Таблица 3 – Матрица факторных нагрузок (без вращения факторного пространства)

Причины ПТ	Фактор 1 (F_1)	Фактор 2 (F_2)	Фактор 3 (F_3)
X1	-0,923482	-0,241165	-0,274065
X2	-0,935622	-0,124618	-0,282599
X3	-0,965237	0,244366	0,067120
X4	-0,959283	0,188805	0,172559
X5	-0,971148	0,139104	-0,121572
X6	-0,905552	0,390070	0,128464
X7	-0,852840	-0,318875	-0,377371
X8	-0,439777	-0,825975	-0,027632
X9	-0,983412	0,145141	-0,033070
X10	-0,970609	0,223454	0,072025
X11	-0,942487	-0,015205	0,285355
X12	-0,511860	-0,539398	0,618478
Собственные числа	9,323473	1,486651	0,833935
Вес факторов, %	0,776956	0,123888	0,069495

Таблица 4 – Матрица факторных нагрузок (с вращение по методу «варимакс»)

Причины ПТ	Фактор 1 (F_1)	Фактор 2 (F_2)	Фактор 3 (F_3)
X1	0,583712	0,779284	0,195162
X2	0,653045	0,728777	0,114878
X3	0,940773	0,308722	0,124661
X4	0,927905	0,263909	0,234507
X5	0,852755	0,496131	0,062608
X6	0,979884	0,159074	0,056610
X7	0,463828	0,855509	0,156189
X8	-0,073532	0,682020	0,637058
X9	0,883815	0,438990	0,124168
X10	0,935262	0,319289	0,143321
X11	0,829850	0,288133	0,445275
X12	0,265666	0,126247	0,921384
Собственные числа	6,836229	3,165470	1,642359
Вес факторов, %	0,569686	0,263789	0,136863

общей дисперсии) с высокими факторными нагрузками вошли технические показатели производственного травматизма, обусловленные неудовлетворительным техническим состоянием производственных объектов и невыполнением/несоблюдением требований по охране труда и технике безопасности. В третьей главной компоненте F_3 (13,7 % от общей дисперсии) наиболее весомым являются нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств.

Модель факторного анализа причин производственного травматизма можно представить в виде [10, 11]:

$$Z_j = a_1 \cdot F_1 + a_2 \cdot F_2 + \dots + a_{ij} \cdot F_i, \quad (9)$$

где Z_j – зависимые факторы производственного травматизма; F_1, \dots, F_i – главные компоненты; a_{ij} – вес i -й главной компоненты в j -й переменной.

Таким образом, система линейных уравнений зависимых факторов Z_j и главных компонент F_i (обобщенных факторов) будет иметь вид:

$$\begin{cases} Z_1=0,5837 \cdot F_1+0,7793 \cdot F_2+0,1952 \cdot F_3; & Z_2=0,6530 \cdot F_1+0,7288 \cdot F_2+0,1149 \cdot F_3; \\ Z_3=0,9408 \cdot F_1+0,3087 \cdot F_2+0,1247 \cdot F_3; & Z_4=0,9280 \cdot F_1+0,2693 \cdot F_2+0,2345 \cdot F_3; \\ Z_5=0,8528 \cdot F_1+0,4961 \cdot F_2+0,0626 \cdot F_3; & Z_6=0,9789 \cdot F_1+0,1591 \cdot F_2+0,0566 \cdot F_3; \\ Z_7=0,4638 \cdot F_1+0,8555 \cdot F_2+0,1562 \cdot F_3; & Z_8=-0,0735 \cdot F_1+0,6820 \cdot F_2+0,6371 \cdot F_3; \\ Z_9=0,8838 \cdot F_1+0,4390 \cdot F_2+0,1242 \cdot F_3; & Z_{10}=0,9353 \cdot F_1+0,3193 \cdot F_2+0,1433 \cdot F_3; \\ Z_{11}=0,8299 \cdot F_1+0,2881 \cdot F_2+0,4453 \cdot F_3; & Z_{12}=0,2657 \cdot F_1+0,1262 \cdot F_2+0,9214 \cdot F_3. \end{cases}, \quad (10)$$

Главные компоненты F_i являются некоррелированными между собой безразмерными переменными, представляющими линейную комбинацию p переменных [13]:

$$F_i = \frac{1}{\lambda_i} (a_1 \cdot Z_1 + a_2 \cdot Z_2 + \dots + a_{ij} \cdot Z_i). \quad (11)$$

По результатам проведенных исследований получены окончательные выражения для главных компонент:

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{1}{6,8362} (0,9408 \cdot Z_3 + 0,9279 \cdot Z_4 + 0,8528 \cdot Z_5 + \\ &+ 0,8838 \cdot Z_9 + 0,9353 \cdot Z_{10} + 0,8299 \cdot Z_{11}); \\ F_2 &= \frac{1}{3,1655} (0,7793 \cdot Z_1 + 0,7288 \cdot Z_2 + 0,8555 \cdot Z_7); \\ F_3 &= \frac{1}{1,6424} 0,9214 \cdot Z_{12}. \end{aligned} \quad (12)$$

Очевидно, что изменение перечня исходного информативного поля за счет внесения других показателей, которые могут определять уровень производственного травматизма на предприятиях теплоэнергетики, приведет к изменению вида уравнений системы (12), но при этом останется неизменным количество и структура обобщающих факторов. Сформированные обобщающие факторы позволяют осуществить построение

простой математической модели уровня травматизма на производстве. Дальнейший анализ каждого из факторов позволит выявить влияние того или иного показателя (зависимого фактора) на изменение обобщающего фактора.

ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ формирования факторов, состава индикаторов и показателей производственного травматизма, что позволило осуществить оценку уровня состояния охраны труда на предприятиях теплоэнергетики, определить причины их формирования.

2. Оценка уровня производственного травматизма зависит от качества статистического анализа эмпирической информации. Важным этапом проведения статистического исследования является критическая оценка начальных данных травматизма с точки зрения их подлинности.

3. Оценивать влияние факторов на уровень производственного травматизма с привлечением специалистов-экспертов целесообразно с использованием экспертно-статистической процедуры путем ранжирования в два этапа. Для предварительного анализа применяется собственно экспертно-статистический отбор, а на втором – окончательный отбор и группировка факторов выполняется методом главных компонент.

4. На основе применения методом главных компонент сформированы обобщающие факторы, что позволило снизить размерность информативного поля и упростить характеристические уравнения математической модели прогнозирования травматизма на предприятиях теплоэнергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ несчастных случаев на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора: официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. – URL: https://www.szar.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/.
2. Рушинов, С.В. Анализ травматизма в теплоэнергетической отрасли / С.В. Рушинов, А.Н. Беляев // Научный электронный журнал Меридиан. – 2020. – № 9 (43). – С. 15–17.
3. Кулешова, М.В. Оценка профессионального риска работников предприятия теплоэнергетики / М.В. Кулешова, В.А. Панков // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 1. – С. 68–75.
4. Панков, В.А. Оценка условий труда, состояния здоровья и профессионального риска работников предприятий теплоэнергетики / В.А. Панков, М.В. Кулешова // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 7. – С. 766–770.
5. Клочков, Ю.С. Совершенствование процедуры анализа видов и последствий потенциальных несоответствий / Ю.С. Клочков, А.Ю. Газизулина, О.А. Смирнова // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 3. – С. 40. – EDN JCBVXO.
6. Клочков, Ю.С. Самооценка организации по критерию «Мотивация и лояльность» персонала / Ю.С. Клочков, А. Ю. Газизулина, О. А. Смирнова // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 3. – С. 41. – EDN TWVEEK.
7. Мартемьянов, Ю.Ф. Экспертные методы принятия решений: учеб. пособие / Ю.Ф. Мартемьянов, Т.Я. Лазарева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 80 с.
8. Рузинов, Л. П. Статистические методы оптимизации химических процессов / Л. П. Рузинов. – М.: Химия, 1972. – 199 с.
9. Дубров, А.М. Многомерные статистические методы для экономистов и менеджеров: учеб. для студентов экон. спец. вузов / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 350 с.
10. Калинина, В. Н. Введение в многомерный статистический анализ: учеб. пособие для студентов всех специальностей / В. Н. Калинина, В. И. Соловьев; М-во образования Рос. Федерации [и др.]. – М.: ГОУВПО Гос. ун-т упр., 2003 (ИЦ ГОУВПО ГУУ). – 65 с.
11. Айвазян, С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики = Applied statistics and essentials of econometrics : учеб. для студентов экон. спец. вузов / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян; Гос. ун-т, Высш. шк. экономики. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
12. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Статистика» и другим экономическим специальностям / А. А. Халафян. – 2-е изд. – М.: Бином, 2010. – 522 с.
13. Иберла, К. Факторный анализ / К. Иберла. – Пер. с нем. В. М. Ивановой; Предисл. А. М. Дуброва. – Москва : Статистика, 1980. – 398 с.

INDICATOR MONITORING SYSTEM OF INDUSTRIAL INJURIES LEVEL IN HEATING ENTERPRISES

© 2024 O.L. Darienko, K.N. Labinskiy

Automobile and Highway Institute (Branch) of Donetsk National Technical University, Gorlovka, Russia

The paper analyzes the factors, indicators and rates of industrial injuries which allows estimating labor protection status in heating enterprises and finding their reasons. The article shows the list of injured people in heating enterprises by types of injury and influencing factor for 2019-2022 years. The paper suggests the approach for defining the structure of indicators that influence on the level of industrial injuries and shows the generalized factors based on selected descriptive indicators providing the possibility of effectiveness analysis of industrial injuries in heating enterprises. The generalized factors are developed based on method of principal components, which allowed the authors to decrease the dimension of informative field and simplify characteristic equation of mathematical model forecasting the industrial injuries in heating enterprises.

Key words: indicators, rates, industrial injuries, informative field, characteristic equation, mathematical model.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-2-103-111

EDN: IDNFUM

REFERENCES

1. Analiz neschastnyh sluchaev na energoustanovkah, podkontrol'nyh organam Rostekhnadzora: oficial'nyj sayt Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/.
2. *Rusinov, S.V.* Analiz travmatizma v teploenergeticheskoj otrasli / S.V. Rusinov, A.N. Belyaev // Nauchnyj elektronnyj zhurnal Meridian. – 2020. – № 9 (43). – S. 15–17.
3. *Kuleshova, M.V.* Ocenka professional'nogo riska rabotnikov predpriyatiya teploenergetiki / M.V. Kuleshova, V.A. Pankov // Analiz riska zdorov'yu. – 2020. – № 1. – S. 68–75.
4. *Pankov, V.A.* Ocenka uslovij truda, sostoyaniya zdorov'ya i professional'nogo riska rabotnikov predpriyatij teploenergetiki / V. A. Pankov, M. V. Kuleshova // Gigiena i sanitariya. – 2019. – T. 98, № 7. – S. 766–770.
5. *Klochkov, Yu.S.* Sovershenstvovanie procedury analiza vidov i posledstvij potencial'nyh nesootvetstvij / Yu. S. Klochkov, A. Yu. Gazizulina, O. A. Smirnova // Rossijskij ekonomicheskij internet-zhurnal. – 2019. – № 3. – S. 40. – EDN JCBJXO.
6. *Klochkov, Yu.S.* Samoocenka organizacii po kriteriyu «Motivaciya i loyal'nost» personala / Yu. S. Klochkov, A. Yu. Gazizulina, O. A. Smirnova // Rossijskij ekonomicheskij internet-zhurnal. – 2019. – № 3. – S. 41. – EDN TWVEEK.
7. *Martem'yanov, Yu.F.* Ekspertnye metody prinyatiya reshenij: ucheb. posobie / Yu. F. Martem'yanov, T. Ya. Lazareva. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2010. – 80 s.
8. *Ruzinov, L.P.* Statisticheskie metody optimizacii himicheskikh processov / L. P. Ruzinov. – M.: Himiya, 1972. – 199 s.
9. *Dubrov, A.M.* Mnogomernye statisticheskie metody dlya ekonomistov i menedzherov: ucheb. dlya studentov ekon. spec. vuzov / A.M. Dubrov, V.S. Mhitaryan, L.I. Troshin. – M.: Finansy i statistika, 1998. – 350 s.
10. *Kalinina, V. N.* Vvedenie v mnogomernyj staticheskij analiz: ucheb. posobie dlya studentov vsekh special'nostej / V. N. Kalinina, V. I. Solov'ev; M-vo obrazovaniya Ros. Federacii [i dr.]. – M.: GOUVPO Gos. un-t upr., 2003 (IC GOUVPO GUU). – 65 s.
11. *Ajvazyan, S. A.* Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki = Applied statistics and essentials of econometrics : ucheb. dlya studentov ekon. spec. vuzov / S. A. Ajvazyan, V. S. Mhitaryan; Gos. un-t, Vyssh. shk. ekonomiki. – M.: YuNITI, 1998. – 1022 s.
12. *Halafyan, A.A.* STATISTICA 6. Statisticheskij analiz dannyh: uchebnoe posobie dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchayushchihsya po special'nosti «Statistika» i drugim ekonomicheskim special'nostyam / A. A. Halafyan. – 2-e izd. – M.: Binom, 2010. – 522 s.
13. *Iberla, K.* Faktornyj analiz / K. Iberla. – Per. s nem. V. M. Ivanovoj; Predisl. A. M. Dubrova. – Moskva : Statistika, 1980. – 398 s.