

УДК: 530.16:613.6+613.63

Ключевые слова: гигиена труда, формализация гигиенических знаний, математические классификации.

В.О. Красовский

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАЦИИ В ОБОБЩЕНИИ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

ФГУН "Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека",
Роспотребнадзора, г. Уфа

Традиционные гигиенические регламенты (ПДК, ПДУ, ОБУВ и пр.) представляют собой экспериментально обоснованные пороги (пределы) вредного воздействия.

Любой объект гигиенического изучения (надзора) предполагает обобщённый анализ его параметров по множеству нормативов для альтернативного ответа на вопрос: соответствует или не соответствует объект множеству предъявляемых требований?

Предлагаемая система формализации гигиенической информации предназначена для создания ёмких, однозначных оценок многообразной совокупности показателей производственного воздействия в конкретном объекте санитарного надзора.

Введение. Гигиена, как прикладная наука, не имеет своего специфического, экспериментального метода исследования и применяет методические приёмы смежных наук. Несмотря на исторические особенности развития разных отраслей знания, каждая наука в процессе своего становления должна совершить переход от стадии наблюдательной к стадии теоретической через создание собственного экспериментального метода исследования.

Наблюдение (эмпирика) ставит задачу обнаружить в природе пригодный для научных целей случай, а эксперимент (теория) - создать этот случай при помощи искусственного сочетания обстоятельств.

Дальнейшая формализация гигиенических знаний о производственном воздействии на людей, позволяющая в целом, создавать его корректные оценки и *будет новым этапом* перехода фабрично-заводской медицины (гигиены труда) от наблюдения к собственному методу - эксперименту на экране (прогностиче-

ским моделям действия вредностей и/или моделям профессиональных рисков [11]).

"Существующие классификации трудовых процессов и вредных производственных факторов не облегчают решения стоящих задач, поскольку направлены лишь на определение тех или иных условий, без учёта степени их изученности, возможности корректной оценки и других особенностей" - писал профессор Ю.Г. Широков [19]. На наш взгляд, указанные обстоятельства не отвергают возможность применения формализующих методик для получения корректных оценок многообразия производственного воздействия.

Известный принцип монаха Оккамы "не создавай лишнюю формализацию, не нужные надстройки над существующими знаниями"[•] - в данном случае не применим, поскольку его использование зависит от исторического момента научного развития. В революционном переходе "количества-качества", избыточные построения над ранее постепенно достигнутыми знаниями, должны считаться позитивными процессами. Автор настаивает на том, что отечественная гигиена труда, несмотря на все пересмотры её парадигмы, терминологического аппарата, на забвение отдельных разделов, согласно новому социальному заказу, так или иначе, но находится на пороге перехода в новое качество. Этому будет способствовать не только интернет и свободное научное общение, но и применение корректных вычислительных методик в её теории и практики.

Введём несколько необходимых для общего понимания проблемы, понятий.

1. Гигиенический норматив – официально регламентированный уровень вредного фактора, превышение которого может привести к неблагоприятным последствиям для человека и окружающей среды [1]. Недостаток дефиниции в том, что она исходит из принципа-регулятора: *"всё, что ниже ПДК, ПДУ, ОБУВ..."* - считается "безвредным воздействием". Оспаривать основы отечественного гигиенического нормирования не входит в задачи публикации. Однако имеют место факты, заставляющие выйти за рамки существующего принципа. Достаточно напомнить о загадках индивидуальной чувствительности, о

• Авторская интерпретация формулировки принципа (Павел Амнуэль "Не порежьтесь бритвой Оккама" // Наука и жизнь. – 2010. - № 7 – с. 2 -9)

"факторах малой интенсивности", и наконец, об особой роли подпороговых воздействий в развитии многих болезней. Совокупность воздействий, формально считающихся "не действующими" может оказаться "спусковым или способствующим крючком развития болезни". К сожалению, роль подпороговых производственных воздействий в заболеваемости людей трудоспособного возраста, до сих пор почти не изучена из-за отсутствия необходимых методических приёмов [7,8,11].

2. Условия труда – совокупность действующих на работника причин и обстоятельств, порождённая социальными и экономическими условиями. Определение исходит из понятия "здоровья" Всемирной организации здравоохранения: это не только полное физическое и духовное, но и социальное, экономическое благополучие. К сожалению, в публикациях по промышленной гигиене* многие авторы не уделяют должного внимания социальным и экономическим аспектам, как особым факторам в оценках условий труда [11].

3. Производственная среда - часть окружающей человека, внешней среды, образованная природно-климатическими условиями и профессиональными (физическими, химическими, биологическими и социальными) факторами, которые действуют на него в процессе трудовой деятельности [1].

4. Факторы производственной среды и трудовой деятельности – абстрактное наименование совокупности однородных действующих на работника причин и обстоятельств. Так, химический фактор на разных производствах имеет разное содержание и санитарно-химические анализы определяют не название, а конкретное содержание различных загрязнений воздуха рабочей зоны. Поэтому производственные факторы нельзя измерять или измерить.

5. Различаем **опасный и вредный фактор** – совокупность воздействий различной природы, отличающихся по скорости появления последствий. Медленное действие, вызывающее заболевание входит в понятие вредного фактора. Опасный фактор действует быстро и приводит к острому отравлению, травме, смерти.

* В том числе, в публикациях по медицине труда, профпатологии, безопасности жизнедеятельности и т.д.

Также выделяем **фактор риска** – такое воздействие, которое не вызывает заболевание, но способствует его развитию.

6. Производственное воздействие – совместное влияние множества причин и обстоятельств, обусловленное технологическим процессом и выполнением работником, должностных обязанностей. Различаем воздействие: монофакторное и полифакторное [3,7,11].

Монофакторному производственному воздействию присуще понятие ведущей профессиональной вредности [1,3,11]. Это такое воздействие, которое содержит фактор, определяющий наиболее яркие клинические последствия при сочетанном и комбинированном действии ряда факторов на организм. Сочетанное воздействие состоит из разнородных групп причин и обстоятельств (факторов). Для комбинированного – характерно влияние однородных причин и обстоятельств.

Различают также и комплексное действие. Это воздействие на организм одного и того же вредного комплекса (фактора) из различных сред (различным путём) или в условиях производства и/или вне него [1].

Во времена Б. Раммацини (1700 г.[13]) прослеживалась чёткая связь между ремеслом и болезнями ремесленников (горшечник – пылевое поражение лёгких, чеканщик по меди – медное отравление). Так, возникло понятие о профессиональной патологии.

Эволюция болезней, связанных с "неблагоприятным воздействием работы" в результате оздоровления рабочей среды под влиянием научно-технического прогресса, в настоящее время привела к новым формам заболеваний – производственно-обусловленным (work related diseases [3,7,8,11,12]). Это общие соматические заболевания, которыми болеют все люди трудоспособного возраста. В их патогенезе "трудовая деятельность" только способствует развитию болезни, то есть представляет собой "фактор риска".

Поэтому следует, наряду с монофакторным воздействием, выделять полифакторное воздействие, в котором ведущая вредность меняется по содержанию в течение работы [7]. Так, аппаратчик нефтехимической установки, принимая смену (обход оборудования) подвергается химическому воздействию, выполняя

сменное задание по расчистке закреплённой территории от снега – затрачивает физические усилия. Именно, такое перемежающее воздействие и приводит к тому, что "работа" становится фактором риска.

7. Гигиенические нормативы обычно предусматривают условия (атрибуты) "не более, не выше", "не ниже, не меньше" и "не более и не менее". Данное обстоятельство очень затрудняет построение любых системных оценок. Оно заставляет постоянно применять термин "несоответствие требованиям". Этим высказыванием обозначаем ситуации выхода реальных данных за границы эталона и ситуации, когда *реальные данные находятся внутри границ эталона* – в нормативных рамках воздействия.

Описанные представления (в мере их восприятия) устраняют часто возникающие недоразумения в разрабатываемых и существующих системах классификаций и критериев условий труда [2,5,6,10,15,17].

Актуальность. Обсуждение ранее представленных дефиниций показывает, что любая эмпирическая классификация факторов производственной среды и трудовой деятельности, так или иначе, не может претендовать на целостную оценку. Так, попытка С.Г. Струмилина [17] ещё в начале прошлого века, не смогла ответить на альтернативный вопрос: соответствует ли объект множеству предъявляемых требований в целом?

Из сказанного вытекает задача [6,7,11,19], которая присутствовала "по умолчанию" с самого зарождения гигиенической науки: как сформировать альтернативную (целостную, обобщённую, общую, единую) оценку производственной среды, в которой осуществляется трудовая деятельность людей?

Примером эмпирического решения поставленной задачи является известное Руководство ("Гигиенические критерии..." Р. 2.2.2006-05 [15]). Установленный в документе порядок наблюдения и описания производственной деятельности людей, её условий оценочными таблицами, путём нехитрой логической операции, действительно приводит, казалось бы, к общей оценке условий труда.

Принцип этого критериального ("измерительного") документа заключён в разделении надпороговой области вредного воздействия на произвольно выбранные "классы вредности".

Классы в обсуждаемом документе, представляют собой соотношения нормативных и реальных данных. Они делят отрезок несоответствия эталона на части, длина которых выбрана волюнтарно.^{*} Анализ классов по гигиеническому и клиническому содержанию - признаков дозоэффективных зависимостей не обнаруживает [9]. Несмотря на относительную гуманность такого приёма, его неточность (погрешность оценивания составляет до 80 % [9]), позитив заключается в попытке сравнительной одночисловой оценки многообразного воздействия в одном альтернативном показателе – классе вредности.

"Гигиенические критерии" [15], как официальный документ, обосновывают "Руководство по профессиональным рискам" (2003 г., [16]). Однако несоизмеримость и неоднородность содержимого классов вредности, кроме погрешности применения до 80 %, может привести к неправильным заключениям и в оценке профессионального риска.

Пример: ПДУ шума для творческой работы не > 50 ДБА. За стеной кабинета творческого работника некоторое время работают с электродрелью, уровень шума от которой достигает 84 ДБА. Превышение норматива на 34 ДБА соответствует условиям труда вредного класса 3.3, для которого априорная оценка риска (по документу) считается "непереносимой" и требует ликвидации рабочего места. Такой нелогичный результат обусловлен недоучётом дозоэффективной зависимости действия шума на организм, давно установленной во многих международных документах и в работах отечественных авторов [1,11,18].

Поэтому наша попытка альтернативного анализа и оценки условий труда предусматривает следующее [10,11]:

1. Рациональную классификацию гигиенических нормативов по их атрибутам ("не более", "не менее", "не более и не менее");
2. Системный учёт подпороговых (ниже нормативных значений) параметров производственных воздействий (в отличие от всех известных систем оценок производственной среды [3,5,15-17]);

^{*} Как в клинических описаниях: "Печень выступает из-под рёберной дуги на два пальца.. "(но пальцы у всех разные) или: "Больной выписался ч улучшением..." (на сколько процентов?).

3. Анализ структуры несоответствий нормативов в совокупности регистрируемых воздействий с учётом недействующих (подпороговых) концентраций;
4. Получение удобных безразмерных операторов, которые могут и должны быть использованы в последующем анализе дозоэффективных зависимостей "нарушение требований - функциональные изменения в организме работника – заболевания";
5. Обеспечение корректного сравнения параметров производственной среды объектов с разными размерами, объемами и замероёмкости*;
6. Создание компьютерного обеспечения для гигиенического эксперимента на экране: разработка медико-математических моделей рисков, прогноза развития ситуаций и пр.[11].

Методика. Основной вопрос, которым задается пользователь любой информационной системы (от библиотеки до отчётных материалов и пр.), как лицо принимающее решение, формулируется следующим образом: "Можно, ли построить на имеющемся множестве данных сколько-либо разумную (естественную, полезную) систему отношений?"

Подавляющее большинство разрабатываемых статистических моделей, так или иначе, связано с "формализованными классификациями". В основах современных математических моделей всегда лежит замысел человека научить компьютер "отличать одно от другого", например, по значению прогнозируемого "показателя - отклика" явно или неявно оценить некоторую значимость изучаемого объекта, процесса или явления.

В нашем случае для построения классификационной модели следует воспользоваться известными методами прикладной статистики [2,14]. Исходим из того, что непосредственное сравнение многообразных числовых массивов, характеризующих объект обладающий множеством свойств $\{X_i\}$ с эталонами $\{Q_j\}$ может быть выполнено методами многомерного анализа.

Для этого можно воспользоваться дискриминационными методиками. Другим вариантом могут быть расчёты функционалов расстояний в пространствах

* Замероёмкость объекта – количество анализов и замеров (в каждой точке не менее 3), после которого возникает повтор точек отбора и точек измерений.

Колмогорова, Махаланобиса или в простом (взвешенном) Евклидовом пространстве [2,10-12,14]. Нами избран наиболее простой способ, давно рекомендованный А.Л. Кармолиным и Ю.П. Сыромятниковым [6].

Предлагаемый приём переводит ряды величин разноразмерных и неоднозначных по своей сути результатов производственных исследований, в систему (пространство), в которой каждая величина отнесена к единой совокупной мере (нормированному вектору). Этим обеспечивается возможность дальнейшего анализа вероятностно-детерминистских взаимосвязей между физиологическими, клиническими и гигиеническими данными [11].

Цель Методами математической классификации пар "норматив-результат" разработать корректную модель альтернативной (однозначной) гигиенической оценки суммарного и многообразного производственного воздействия на работающих людей.

Алгоритмы.

1. Исходные данные в наших построениях - это массив (матрица), размером $(n \bullet m)$, однородных парных соотношений "норматив (эталон) – результат".
2. Отдельный эталон может быть соотнесён с одним или множеством измерений (анализов) от 1 до ∞ .
3. К каждому отдельному нормативу из их совокупности может быть отнесено разное количество замеров или анализов.
4. Любой гигиенический норматив может быть представлен точкой (и/или линией) в n-мерном пространстве (координатах) с которой соотносятся точки результатов измерений.
5. Каждый объект гигиенического исследования (цех, установка, участок, завод и т.д.) также можно представить как точку в простом n-мерном Евклидовом пространстве, координаты которой определены **совокупностью нормированных векторов** (эталонных значений ряда факторов производственной среды [6,10,11]).
6. Альтернативный (обобщённый) показатель (индекс, коэффициент) - это суммы расстояний в многомерном пространстве от точек реальных замеров до нормированного (единичного и/или совокупного эталонного) вектора.

Альтернативный индекс представляет собой условную безразмерную величину, показывающую отношение реальных значений фактора (- ов) к гигиеническому нормативу (- ам). Расчёт производится по формулам 1,2 [4,6,9-11]:

$$D = \left[\sum_{ij=1}^n (d_i * d_j^{-1}) \right]^{-0.5} * n^{-0.5} \quad (1)$$

при условии перестановки подкоренных сомножителей:

$$\forall d_i < d_0 (d_i = d_j) \& \forall d_i \rightarrow d_0 (d_i = d_0) \quad (2), \text{ где:}$$

D - обобщённый показатель в условных соотносительных единицах, d_i - реальное значение i -ого фактора, d_0 - нормативное значение факторов производственной среды, d_j - логическое условие перестановки сомножителей, \forall - квантор общности утверждения [4 *]. Для формирования нормируемого вектора используется вторая часть формулы $n^{-0.5}$, в которой n – количество анализируемых замеров, анализов.

Формулу 1 можно представить в виде равенства с двумя подкоренными выражениями. Первое будет показывать соотношение норматива и результата. Второе – отвечает за формирование пространственного нормированного вектора (сумма квадратов которого равна 1.0 у. ед. [14]).

Предикат (2) предусматривает перестановку подкоренных сомножителей d_i, d_0 в зависимости от атрибутов (условий) гигиенического норматива.

В случае если норматив имеет условие “не выше, не более предельного уровня”, то формула 1 будет иметь вид:

$$D = \sqrt{\sum_i^n (d_i * d_0^{-1})^2 * \frac{1}{\sqrt{n}}} \quad (3)$$

Если у норматива границы “не менее, не ниже предельного уровня”, то согласно указанному предикату 2, перестановка подкоренных сомножителей выполняется иным образом:

$$D = \sqrt{\sum_i^n (d_0 * d_i^{-1})^2 * \frac{1}{\sqrt{n}}} \quad (4)$$

* Это запись высказывания в символах формальной логики. Квантор общности позволяет интерпретировать результат следующим образом; "признается общим и рациональным приёмом смена мест сомножителей в парах "эталон - реальный параметр" в зависимости от условия (атрибута) эталона".

Если норматив имеет атрибуты "не более (не выше) – не менее (не ниже)" - область действия норматива ограничена "максимальными и минимальными значениями", то уместно предложить такой способ расчёта альтернативного показателя:

$$D = \sqrt{\sum_i^n (d_0 * d_i^{-1})^2 + (d_i * d_0^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{2n}} \quad (5)$$

Напомним, что в **выражениях 3 - 5**:

D - альтернативный показатель, d_0 - норматив того или иного комплекса однородных причин и обстоятельств, d_i - реальное значение замера, анализа, **n** - число анализов, замеров.

В разработанной системе анализа производственного воздействия [11], применяются следующие промежуточные индексы.

1. Единичный альтернативный показатель – бесконечный ряд фактических данных (от 1 до ∞) по отношению к одному нормативу (эталону).•

2. Суммарный альтернативный показатель – сумма квадратов единичных альтернативных индексов, умноженная на корень квадратный из количества учитываемых замеров (анализов) отнесённый к единице.

3. Структурный коэффициент – произведение эталонных и реальных величин в порядке согласно предикату 2.

Гигиеническая оценка альтернативного (обобщённого, общего, однозначного) показателя исходит из условия:

1. Если **D > 1.0 у. ед.** - оценка не удовлетворяет требованиям по одному или нескольким реальным данным (анализам, замерам), которые отнесены к *одному (единому) нормативу*.

При сравнении реальных значений с *множеством* нормативов, значение **D > 1.0 у. ед.** указывает, что в совокупности измерений отнесённых к различным нормативам регистрируются нарушения нормативных требований (в соответствующей доле);

• Если цель анализа предполагает поиск норматива для одиночного ряда, то тогда единичный альтернативный показатель - средняя величина этого ряда чисел, принимаемая за норматив (аналог стандартного отклонения).

2. Если $D \leq 1$ у. ед. - оценка удовлетворяет требованиям по одному или нескольким реальным данным, которые отнесены к одному (единому) нормативу.

При сравнении реальных значений с *множеством* нормативов, значение $D \leq 1$ у. ед. указывает, что совокупность измерений укладывается в сопоставляемые нормативы.

Практика применения. Обсудим конкретные примеры расчётов по представленным алгоритмам.

Рассмотрим ситуацию: реальная концентрация загрязнения воздуха составляет **0.6 мг/м³** при ПДК не \geq **0.5 мг/м³**.

Расчёт альтернативного индекса проведём по *формуле 3*, поскольку норматив содержит условие “не более”:

$$D = \sqrt{(d_i * d_0^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{n}} = \sqrt{0,6 * \frac{1}{0,5}} * 1 = 1,095 \quad (6)$$

Особенности численного решения в этом случае определено тем, что в вычислениях используется только одна пара "результат - эталон". Поэтому нет необходимости возводить единичное подкоренное выражение $(d_i * d_0)$ в квадрат и вычислять корень из второй части алгоритма $1/\sqrt{n}$. Понятно, что формула 3 отражает общий случай для расчётов и характеризует случай, когда число указанных равно или более двух ($n \geq 2$),

Из простых вычислений по формуле 6 следует, что *единичный альтернативный индекс* > 1.0 у. ед.: обнаруженная концентрация превышает ПДК в 1.1 раза (отметим, что ряд конечный, характеризует соотношение: "один результат - один норматив").

Естественно, в случае обратной зависимости – реальная концентрация **0.5 мг/м³**, ПДК не \geq **0.6 мг/м³**:

$$D = \sqrt{(d_0 * d_i^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{n}} = \sqrt{0,5 * \frac{1}{0,6}} * 1 = 0,913 \quad (7)$$

Заданная концентрация будет подпороговой величиной на 0,1 у. ед. меньше норматива (эталона).

Усложним задачу. Проанализируем ряд санитарно-химических анализов по содержанию в воздухе рабочей зоны, **вещества В**. Результаты анализов частью

превышают и частью не превышают регламентированную величину ПДК не > 0,2 мг/м³, что покажем в **таблице 1**.

1. Первый этап общей оценки предполагает вычисление альтернативных показателей для каждого номера анализа. Рассчитаем одночисловой (альтернативный) индекс для первой строки таблицы с учётом того, что эталон требует атрибут "не более, не выше" (формула 3):

$$D = \sqrt{(d_i * d_0^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{n}} = \sqrt{0,25 * \frac{1}{0,2}} * 1 = 1,118 \quad (8)$$

Аналогичным образом рассчитываются параметры и для других строк таблицы. Итоги расчетов поместим в графу 3. Реальная концентрация в анализе № 4 (ниже ПДК) проявляется в форме альтернативного показателя меньше 1.0 у. ед. В случае если реальная концентрация равна ПДК, то альтернативный показатель равен 1.0 у. ед. (анализ № 6).

Роль производственного воздействия содержащего только подпороговые элементы в развитии повреждений здоровья работающих до сих пор полностью не изучена и часто такие воздействия обозначают, как "факторы малой интенсивности". Семантика последнего терминосочетания свидетельствует о бессилии гигиенической оценки условий труда в случаях невозможности измерения "пиковых кратковременных воздействий" по химическому, шумовому, вибрационному и другим производственным факторам.

Итоговый *суммарный альтернативный показатель* – это сумма строк по графе 3 таблицы 1, умноженная на единицу, делённую на корень квадратный из шести замеров:

$$D = \sqrt{(d_{i(1)} * d_0^{-1})^2 + \dots + (d_{i(6)} * d_0^{-1})^2} * \frac{1}{\sqrt{6}} = 3.165 \quad (9)$$

2. Второй этап анализа гигиенических данных таблицы 1 предусматривает ответ на вопрос о значимости каждой пробы в совокупности результатов. Для этого применим схему расчёта "*структуры несоответствий альтернативного показателя*".

В графе 4 обсуждаемой таблицы 1 показаны "структурные коэффициенты", которые представляют собой итоги перемножения (подкоренных выражений в формуле 3) по каждой строке $(d_i * d_0)u(d_0 * d_i)$.

Таблица 1 - Альтернативный показатель и его структура для обнаруженных загрязнений воздуха веществом А. (ПДК не > 0,2 мг/м³)

№№ анализа	Реальные концентрации мг/м ³	Альтернативный показатель (у. ед.)	Структурные коэффициенты, (S, у. ед.)	Структура нарушений норматива (P, %)
1	2	3	4	5
1	0,25	1,118	1,25	11
2	0,50	1,581	2,5	22
3	0,30	1,225	1,5	13
4	0,10	0,707	0,5	4
5	0,90	2,121	4,5	40
6	0,20	1,000	1	9
	В среднем:	Суммарный	Структурная	
	1,725	показатель:	сумма	
	Итого:	= 3,165	= 11,25	100 %

Структурный коэффициент S отличается от обобщённого показателя тем, что представляемое им соотношение является чисто арифметическим и не отнесено к нормированному вектору. Практически, этот индекс вычисляется без учёта количества замеров, необходимости вычисления корня из результатов перемножения пар "эталон-результат", но с учётом атрибутов нормативов.

Вычисление структурного коэффициента S по таблице 1 (для строки 1), с учётом атрибутики норматива (ПДК: "не более, не выше") иллюстрирует следующее произведение:

$$S = d_i * \frac{1}{d_0} = 0,25 * \frac{1}{0,2} = 1,25 \quad (10)$$

Совокупность таких коэффициентов образует "структуру обобщённого показателя" наглядно представляющую долю и место каждой пары "норматив-результат" в однозначной оценке:

$$S_m = S_{m1} + \dots + S_{mn} = 11,25 \quad (11)$$

Сумма структурных коэффициентов **S_m** приравнивается к 100 % (или к 1,0) и для каждой составляющей вычисляется её доля в общей оценке по следующей пропорции:

$$P_i = \frac{P_i * 100}{11,25} = \frac{1,25 * 100}{11,25} = 11 \% \quad (12)$$

Из графы 3 и 4 таблицы 1 следует, что наиболее значимым и актуальным среди шести анализов воздуха является результат номер 5. Ему принадлежит 40

% от всей суммы несоответствий требований к нормативу (ПДК не $> 0,2 \text{ мг/м}^3$, реальная концентрация $0,90 \text{ мг/м}^3$).

Простота вышеприведённых вычислений может создать впечатление об их неактуальности.

Действительно, для иллюстрации сознательно взяли небольшое число данных и наиболее простые примеры. Другое дело, когда необходимо проанализировать достаточно большие массивы информации и не по одной паре "норматив-результат", а по нескольким и с разной атрибутикой. В этом случае применение вычислительной техники - необходимое условие анализа.

На рабочем месте аппаратчика нефтехимической установки С. произведены инструментальные исследования, итоги которых занесены в следующую **таблицу 2**.

Из неё следует, что суммарный альтернативный (обобщённый) показатель на этом рабочем месте (**D = 4,151**) больше единицы в 4 раза. Результат указывает на возможные несоответствия рабочего места по его отдельным эталонным параметрам. В целом, условия труда работника С. нельзя считать удовлетворяющими полному набору требований. Частные ("единичные" в графе 5) альтернативные индексы также больше единицы и поэтому все факторные показатели оцениваются как "не удовлетворяющие гигиеническим требованиям".

Структура суммарного обобщённого показателя свидетельствует о том, что наибольшее число нарушений определяется по загрязнению воздуха **веществом В** (81% от всех зарегистрированных нарушений).

Приоритет оздоровления производственных условий должен быть отдан мерам по устранению утечки указанного загрязнения **В** и снижению концентрации паров вещества в воздухе рабочей зоны до допустимых уровней. Следует также обратить внимание на подбор средств индивидуальной защиты органов дыхания, зрения и кожных покровов. Для этого надо учитывать особенности токсического действия загрязнения химического загрязнения, предельно - допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны, класс опасности, коэффициент запаса, пороги острых и хронических эффектов, а также требования типовых отраслевых норм и правил выдачи бесплатных средств защиты.

Таблица 2 – Производные альтернативного показателя в оценке гигиенических параметров производственного воздействия на рабочем месте работника С.

Наименование компонентов производственного воздействия	Количество замеров и анализов (абс.)	Средние значения замеров и анализов	Нормативы (не более и не менее)	Единичный альтернативный показатель (у. ед.)	Структурный индекс альтер. показателя (у. ед.)	Структура суммарного альтер. показателя (%%)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1. Загрязнение воздуха веществом А	18	1,5 мг/м ³	не >0,1 мг/м ³	3,536	15	14
2. Загрязнение воздуха веществом В	18	8,8 мг/м ³	не >0,1 мг/м ³	20,740	88	81
3. Уровни производственного шума	1	89,0 ДБА	не >80 ДБА	1,024	1,024	1
4. Уровни производственного освещения	5	80,0 Лк	не < 200 Лк	1,118	2,5	2
5. Температура воздуха	2	26,0 0 С	20 - 24 0 С	1,122	2,52	2
Итого:	44					100 %
Суммарный альтернативный показатель				= 4,151		
				Структурная сумма		= 109,044

Таблица 2 рассчитана по ранее описанным алгоритмам с помощью программируемого калькулятора. Тем не менее, эффективность анализа результатов во много раз выше, чем простая визуализация полученных данных.

Так, расчёт выделяет претендента – вещество В - на роль "ведущего фактора".* Полученные альтернативные показатели и их производные позволяют самым корректным образом оценить роль каждого компонента производственного воздействия для избранного рабочего места.

Подробное описание расчётов таблицы 2 не рационально, поскольку они проведены по ранее показанным алгоритмам.

Однозначная гигиеническая оценка производственного шума и вибрации затруднена из-за того, что в стандартах нормируется не только общий уровень

* Для того, чтобы утверждать о ведущей роли вещества В, необходимо найти клинические доказательства в форме "распространенности зависимых нозологических форм болезней".

фактора (ДБА), но и его спектральный состав: девять параметров, которые имеют собственные эталоны (нормативы).[•]

Есть два варианта формирования альтернативных оценок обобщающих весь спектр.

Первый - перевести децибелы в единицы давления [17].

Второй - применить предлагаемую методику с учётом особого обстоятельства: уровни шума в децибелах являются логарифмами. И поэтому, формула 3 может или должна выглядеть таким образом:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n Lg(d_i) * (Lg(d_0^{-1}))^2 * \frac{1}{\sqrt{n}}} = \sqrt{Lg(98) * \frac{1}{Lg(107)} * 1} = 0,991 \quad (13)$$

Запись (13) означает, что ПЭ1ВМ вначале вычислит логарифмы, затем произведёт деление и умножение, потом вычислит корни. Результаты вычислений покажем в **таблице 3**. Из неё видно, что однозначная (альтернативная) оценка замера шума не удовлетворяет всем требованиям, так как суммарный обобщённый показатель больше единицы ($D = 1,006$). Несоответствия единичных альтернативных индексов собственным эталонам отличается монотонным распределением (графа 5, таб. 3). При этом следует выявить две области несоответствия требований: превышения (не удовлетворяющую) и занижения (удовлетворяющую). Наибольшие нарушения нормативных уровней сосредоточены на октавных полосах среднегеометрических частот 63 - 1000 Гц (строка 5, выделение жирным кеглем). Занижение нормативов определено для октавных полос 31 Гц, 2000 - 8000 Гц.

Таблица 4 содержит заключительный пример сравнительной оценки условий труда в разных производственных объектах. Условия труда во всех трёх цехах однозначно не отвечают требованиям гигиенических нормативов по шести перечисленным наименованиям (факторам).

Не удовлетворительная оценка условий труда в 1-ом и 2-ом цехах определена, прежде всего, нарушением нормативных параметров микроклимата, а в 3-ем

[•] Распределение интенсивности производственных шумов по среднегеометрическим октавам применимо для диагностики профессиональной тугоухости, расчёта звукопоглощения и поиска источников зашумления.

Таблица 3 - Пример одночисловой (альтернативной) оценки замера производственного шума по спектральному составу

Октавные полосы средне- геометричес- ких частот, Гц	Норматив- ные уров- ни звука ДБ	Реальные значения шума ДБ	Единиц обобщён. показат. (у. ед.)	Струк- турный индекс (у. ед.)	Структура альтернат. показателя (%%)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
31,5	107	98	0,991	0,981	9,8
63	95	102	1,008	1,016	10,1
125	87	97	1,012	1,024	10,2
250	82	85	1,004	1,008	10,0
500	78	82	1,006	1,011	10,1
1000	75	78	1,005	1,009	10,0
2000	73	70	0,995	0,990	9,8
4000	71	68	0,995	0,990	9,8
8000	69	65	0,993	0,986	9,8
ДБА	80	95	1,019	1,039	10,3
Суммарный обобщённый показатель			= 1,027		
Структурная сумма				= 10,054	
				Итого:	100 %

Таблица 4 - Пример сравнительной оценки условий труда в разных производственных объектах по альтернативным показателям

Наименования производственных факторов	Цех 1		Цех 2		Цех 3	
	Единиц пока- затель (у.ед.)	Струк- турный индекс (%%)	Единиц пока- затель (у.ед.)	Струк- турный индекс (%%)	Единиц пока- затель (у.ед.)	Струк- турный индекс (%%)
	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1. Химическ. фактор	6,216	19	4,215	18	0,068	0,1
2. Шумовой фактор	1,069	15	1,084	23	1,077	0,5
3. Виброфактор	0,904	8	0,870	9	0,811	0,3
4. Микроклимат	1,349	39	2,022	32	0,926	0,1
5. Освещение	1,170	10	1,321	16	11,804	81
6. Электростатическое электричество	1,041	9	0,564	9	3,934	18
Итого:		100		100		100
Суммарный обобщённый показатель	1,369		1,323		5,933	

- недостаточным освещением рабочих мест. Оценки условий труда во всех цехах не удовлетворяют требованиям. Если величины несоответствия требованиям в 1-ом и 2-ом цехах приблизительно одинаковы, то для цеха 3 – определяется наиболее "плохая" оценка условий труда (5,933 у. ед.). При планировании оздоровительных мероприятий, в первую очередь, их следует провести в цеху 3 - улучшить освещение помещений. В цехах 1 и 2 следует оптимизировать микроклиматические параметры рабочей среды. Данная рекомендация в практике санэпиднадзора встречается редко, поскольку недостатки по указанным факторам легко купируются дополнительной установкой световых точек или нагревательных элементов.

Выводы.

1. Представленная методика, обоснована теорией расчёта функционалов расстояний в простом Евклидовом пространстве. Позволяет получать одночисловые (альтернативные) характеристики объектов гигиенического изучения, обладающих множеством свойств, ограничиваемых утверждёнными нормативами и проводить сравнительный анализ совокупности замеров и анализов, объектов наблюдения по гигиенической опасности и вредности;

2. Методика впервые позволяет системно учитывать значимость величин *подпороговых воздействий*, атрибуты нормативов и обеспечивает возможности корректно распределять случаи несоответствия реальных данных нормативам и затем формировать параметры альтернативной оценке условий труда;

3. Методика создаёт удобные операторы, которые могут быть использованы в последующем анализе дозоэффективных зависимостей "нарушение требований - функциональные изменения в организме работника – заболевания", а также в создании компьютерного обеспечения для гигиенического эксперимента на экране: разработка медико-математических моделей рисков, прогноза развития ситуаций и пр.;

4. Внедрение предлагаемой методики в практику санэпиднадзора и охраны труда (в частности в процедуру аттестации рабочих мест по условиям труда) не вызовет особых затруднений из-за существующего распространения вычисли-

тельной техники. Нами, подготовлены соответствующие методические рекомендации и пакет программного обеспечения методики [9].

Список литературных источников

1. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда: Учебник для студентов санитарно-гигиенических факультетов медицинских институтов. М.: Медицина, 1988. 576 с.: ил.
2. Антомонов М.Ю. Методика формирования показателей в эколого - гигиенических исследованиях // Гигиена труда и профессиональные заболевания. - 1993. - № 7. - С. 20 - 23.
3. Выявление и профилактика болезней, обусловленных характером работы: Доклады комитетов экспертов ВОЗ: [Пер. с англ.]. - Женева: ВОЗ, 1987. - 72[1]. - (Серия технических докладов / ВОЗ; 714).
4. Зегет В. Элементарная логика / Пер. с нем. И.М. Морозовой. - М.: Высшая школа, 1985., 256 с.
5. Кандрор И.С., Каспаров А.А., Суворов С.В. и др. К вопросу о комплексной санитарной характеристики условий труда // Мед. труда. - 1993. - № 1. - С. 33 - 36.
6. Кармолин А.Л., Сыромятников Ю.П. Интегральная оценка условий труда // Гигиена и санитария. - 1987. - № 9. - С. 40 - 41.
7. Красовский В.О. О свойствах многофакторного производственного воздействия // Гигиенические и профпатологические проблемы регионов Сибири / Под ред. В.Д. Суржикова. - Новокузнецк, 1998. - С. 116 - 124.
8. Красовский В.О. Эволюция "болезней от работы" и производственно – обусловленные заболевания // Медицина труда: клинико-гигиенические и экспериментальные проблемы: Материалы XL!!! Научно-практической конференции с международным участием "Гигиена, организация здравоохранения и профпатология" / Под ред. В.В. Захаренкова.- Кемерово: Вертоград, 2008. - 176 с. С. 43 - 45.
9. Красовский В.О., Каранаева М.А. Краткий математический анализ существующих критериев оценки условий труда // Экология и здоровье женщин и детей в Республике Башкортостан: Материалы докладов научно-практической конференции: В 2 ч. - Уфа, 1998. - Ч. 2. - С. 25 - 32.
10. Красовский В.О., Красногорская Н.Н., Х, Королёва Е.А. Альтернативная оценка параметров условий труда // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611684 от 13.07.04.
11. Красовский В.О., Максимов Г.Г. Физиолого-гигиеническая диагностика безвредного стажа по условиям труда / Под научной редакцией Г.Г. Максимова. – Уфа, 2003 – 237 с.
12. Красовский В.О., Овакимов В.Г., Денисов Э.И. Метод анализа структуры профессионального риска для прогнозирования и профилактики производственно - обусловленных заболеваний. // Медицина труда. - 1997. - № 12. - С. 18 - 22.

13. Погожев А.В. Итальянский врач Бернандино Раммацини и его значение в истории изучения профессионального труда. - Воронеж, 1899 г.

14. Прикладная статистика: Классификации и снижение размерности: Справ. изд. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; Под ред. С.А. Айвазяна. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с.

15. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 29 июля 2005 г. (Руководство Р. 2.2.2006-05.)

16. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки" Руководство Р. 2.2.1766-03, Минздрав России, 2003 г.

17. Струмилин С.Г. К вопросу о классификации труда // Организация труда. - 1921.- № 1.- С. 2 -6.

18. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль. Практическое руководство в 2-х т.: Под ред. Н.Ф. Измерова, Г.А.Суворова, С.С. Куролесина - М., Медицина, 1999.

19. Широков Ю.Г. Условия труда и их особенности на современном этапе // Проблемы предпатологии и ранних стадий профессиональных заболеваний. М., 1980. - С. 7 - 15.