

4. Определение некоторого интегрированного показателя экологической ситуации.

Выводы: Предложенный дискретно-интерполяционный подход при моделировании многопараметрических экологических процессов и систем позволяет получить дискретные математические модели сложных объектов, процессов и систем, которые характеризуются большим количеством параметров и свойств, имеющих, в свою очередь, разнообразную структуру, а также определенную анизотропность некоторых характеристик во времени и пространстве.

УДК 613.646

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ И ДОПУСТИМОГО СТАЖА РАБОТЫ ПРИ КОНТАКТЕ С ВРЕДНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ФАКТОРАМИ

Хрупачев А.Г., Кашинцева Л.В., Кашинцева Л.О., Климова Д.О.

Тульский государственный университет, г. Тула

В работе предложена методология расчета дозовой нагрузки и допустимого стажа работы при контакте с микроклиматическими факторами производственной среды. Разработан универсальный вычислительный комплекс и комплект компьютерных программ расчета доз воздействия и допустимого стажа. Предemonстрирован интерфейс этой программы.

Особое место в структурной схеме формирования здоровья нации принадлежит влиянию факторов производственной среды. Это обусловлено тем, что, как отмечалось во вступительном докладе *Международной организации труда* (МОТ) на XVIII Всемирного конгресса по охране труда, ежегодная смертность в мире от «*связанных с работой заболеваний*» составляет 2,2 миллиона человек. В 15 странах Евросоюза на их долю приходится 120 тысяч смертей, что в 20 раз превышает количество смертельных несчастных случаев на производстве. По данным ВОЗ, около 25 % болезней работающего населения могут быть связаны с условиями труда.

По экспертной оценке МОТ в России условия труда являются причиной 64000 дополнительных смертей в год. Реалистичность такой жесткой оценки подтверждают результаты исследований ученых НИИ медицины труда РАМН, согласно которым, в настоящее время до 70 % трудоспособного населения России за 10 лет до наступления пенсионного возраста имеют серьезную патологию, а смертность работающих превышает аналогичный показатель по Евросоюзу в 4,5 раза и в 2,5 раза – среди населения России. В тоже время частота ежегодно выявляемых профзаболеваний в

России в 40 раз ниже по сравнению с Данией, в 25 раз – с США, в 13 раз – с Финляндией [2].

В своей глобальной стратегии «Медицина труда для всех» ВОЗ постулирует, в том числе следующую стратегическую задачу: *профилактику среди работающих смертей и отклонений в состоянии здоровья, вызванными условиями труда*. Поэтому, в современных теоретических и практических направлениях исследований касающихся охраны здоровья работников получила распространение концепция доказательной медицины (*evidence-based medicine*), которая использует математико-статистические подходы и эпидемиологические данные к оценке вредного воздействия факторов производственной среды.

Решить эту, крайне актуальную на современном этапе развития российской промышленности, задачу возможно посредством внедрения персонализированной электронной карты профессионального здоровья работника. Эта карта должна сопровождать его на протяжении всего трудового стажа, и содержать в себе информацию о накопленной дозе вредного воздействия, как каждого отдельного фактора производственной среды и трудового процесса, так и их сочетанного действия с учетом эффектов суммации и потенцирования. Такой подход делает открытой и объективной процедуру назначения социально-экономических компенсаций за работу во вредных и тяжелых условиях труда (досрочный выход на пенсию, сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, доплата за работу во вредных условиях труда).

Предлагаемая в работе методология априорного анализа и количественной оценки профессионального риска позволяет перейти к социально ориентированной, научно-обоснованной концепции *«предвидеть и предупредить»*, что позволит сохранить здоровье граждан России [3, 4].

В настоящее время параметры микроклимата производственной среды представляют собой сочетанное действие температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового облучения и оцениваются с помощью интегрального показателя – *тепловой нагрузки среды* (ТНС)-индекса. Превышению верхней границы оптимального уровня ТНС-индекса соответствуют показатели теплового состояния организма, характеризующиеся накоплением избыточного тепла в теле, ведущим к перегреванию работника. При этом формируется неблагоприятное тепловое состояние организма, что может быть фактором риска развития патологии. Под тепловым состоянием человека понимают функциональное состояние, характеризующееся содержанием и распределением тепла в глубоких («ядро») и поверхностных («оболочка») тканях организма, а также степенью напряжения механизмов терморегуляции. Последнее есть активация реакций различных систем организма, направленных на сохранение тем-

пературного гомеостаза, оцениваемых по степени их выраженности. Следовательно, тепловое состояние есть интегральный показатель ряда ответных реакций организма на термическое воздействие. Имеются данные, указывающие на тесную связь теплового состояния человека с показателями его здоровья. При работах в нагревающей среде возникает напряжение в деятельности функциональных систем организма человека, обеспечивающих температурный гомеостаз, что сопровождается ухудшением самочувствия, снижением работоспособности, производительности труда и может привести к нарушению здоровья. Задача гигиенического нормирования термических параметров микроклимата заключается в минимизации напряжения организма, оцениваемого по критериям теплового состояния человека. В работе [1] представлены результаты оценки влияния тепловой нагрузки рабочей среды на функциональное состояние организма (табл. 1).

Таблица 1. Влияние тепловой нагрузки рабочей среды на функциональное состояние организма

Класс условий труда по Р 2.2.2006-05	Превышение верхней границы оптимального уровня ТНС-индекса	Показатели теплового состояния		Снижение физической работоспособности, %	Снижение производительности труда, %	
		Накопление тепла в теле, кДж/кг	Напряжение реакций терморегуляции		Физическая работа	Умственная работа
1	–	±0,87	Очень слабое (минимальное)	Влияние микроклиматических условий отсутствует		
2	3,0	2,6	Слабое	До 15	До 20	До 10
3.1	3,3	2,75	Умеренное	До 19	До 22	До 12
3.2	4,2	3,3	Выраженное	До 25	До 27,9	До 22
3.3	5,5	4,0	Сильное	До 29	До 36,5	До 42
3.4	8,0	5,5	Очень сильное	До 40	До 53	До 85
4	>8,0	≥7,0	Чрезмерное	До 55 и выше	>53	>85

Установлено, что показатели, характеризующие верхнюю границу теплового состояния (0,87 кДж/кг за 8-часовую рабочую смену), соответствуют начальному значению 2-го, допустимого класса условий труда, и

гарантируют сохранение здоровья в течение всего полного 40 летнего трудового стажа. Большие значения накопления тепла в организме приводят к перенапряжению реакций терморегуляции. Согласно результатам медико-биологических исследований при накоплении тепла в количествах более 2,6 кДж/кг условия труда следует классифицировать как вредные.

Цель работы – разработать универсальный вычислительный комплекс и комплект компьютерных программ, позволяющих рассчитать дозы вредного воздействия и допустимый стаж работы при контакте с производственными факторами физической природы: условиями микроклимата, превышающими гигиенические нормативы.

Результаты исследований и их обсуждение. На основании данных, устанавливающих количественные соотношения между значениями индекса ТНС и величиной избыточного накопления тепла (см. табл. 1) нами предложена методология расчета дозовой нагрузки и допустимого стажа работы в условиях нагревающего микроклимата.

Алгоритм решения задачи построен на понятии «Безопасная доза» – D_B за 40 летний трудовой стаж, которая рассчитывается по зависимости;

$$D_B = C_0 \times n \times T \times m \quad (1)$$

где $C_0 = 0,87$ кДж/кг – max значение безопасного накопления тепла за 8-часовую рабочую смену; $n = 250$ – среднее количество рабочих смен в году; $T = 40$ лет – полный трудовой стаж; $m = 75$ кг – среднестатистическая масса тела работника.

Для среднестатистического работника величина допустимой стажевой дозы тепловой нагрузки составляет 652500 кДж.

В том случае если работник находится в условиях труда с уровнем накопления тепла C_{3i} – соответствующий определенному классу вредности, и с конкретными значениями: n_f ; T_f ; m_f , то фактическую – D_f , полученную им дозу можно рассчитать по зависимости:

$$D_f = C_{3i} \times n_f \times T_f \times K \quad (2)$$

где $K = m_f/m$ – отношение фактической массы тела реального работника к среднестатистической массе.

На основании зависимостей (1) и (2), была разработана компьютерная программа, позволяющая определять годовую и стажевую (использованная доля теплового ресурса организма в %) дозу теплового воздействия на организм работника, в зависимости от продолжительности смены, фактической массы тела и количества отработанных смен в году. При этом в расчетах впервые учитывается потенцирование вредных эффектов с уве-

личением трудового стажа, что позволяет реально классифицировать условия труда.

Исходные данные		
Индекс ТНС	5,8	
Кол-во часов в смену	6	час
Масса тела	90	кг
Кол-во смен в году	200	
Стаж	20	лет

Годовые параметры		
Допустимая доза	1740	кДж
Фактическая доза	4766,4	кДж
Относительная доза	2.74	

Стажевые параметры		
Накоплено тепла за стаж	95328	кДж
Доля теплового ресурса	136.97	%
Фактическая ТНС	8.21	
Класс условий труда	4	

Вычислить

Рис. 1. Интерфейс программы, для расчета годовых и стажевых доз теплового воздействия на организм, и определения фактического класса условий труда

Закключение. Разработаны методические подходы к математическому анализу оценки вредных производственных факторов и значимости эпидемиологический исследований. Определен индекс тепловой нагрузки среды, коррелирующий с показателями здоровья человека. Для расчета доз воздействия вредных производственных факторов и определения оптимального стажа работы в этих условиях предложен разработанный вычислительный комплекс, продемонстрирован соответствующий интерфейс программы.

Литература

1. Афанасьева, Р.Ф. Тепловая нагрузка среды и ее влияние на организм / Р.Ф. Афанасьева // Профессиональный риск для здоровья работников (руководство).– Москва: НИИ медицины труда, 2003.– С. 149–157.
2. Головкова, Н.П. Анализ действующего порядка предоставления компенсаций за работу во вредных и (или) опасных условиях труда и разработка предложений по

их устранению / Н.П. Головкина, Е.П. Королева, А.Г. Чеботарев, Л.М. Лескина // Сборник трудов НИИ медицины труда «Актуальные проблемы медицины труда» / Под редакцией академика РАМН Н.Ф. Измерова.– М: ООО Фирма «Рейнфор», 2010.– 416 с.

3. Хрупачев, А.Г. Профессиональный риск. Теория и практика расчета / А.Г. Хрупачев, А.А. Хадарцев, В.А. Дунаев, Л.И. Каменев, Л.В. Кашинцева, В.И. Щербаков / Под ред. А.Г. Хрупачева, А.А. Хадарцева.– Тула: Изд-во ТулГУ, 2011.– 330 с.

4. Хрупачев, А.Г. Инфраструктура универсального вычислительного комплекса для количественной оценки скрытого профессионального риска / А.Г. Хрупачев, А.А. Хадарцев, Л.В. Кашинцева, И.В. Панова // Вестник новых медицинских технологий.– 2012.– № 1.– С. 47–49.

504:332.14

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Молев М.Д., Занина И.А., Стуженко Н.И.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета, г.Шахты, Россия

В статье изложены результаты экспериментальных и теоретических исследований по проблеме оценки экологического риска при осуществлении хозяйственной деятельности.

Деятельность хозяйствующих субъектов (промышленных предприятий, транспортных структур и т.д.) связана с потенциальной опасностью негативного воздействия на население и окружающую природную среду. Ежегодно в Российской Федерации на учёте состоят свыше 220 тысяч человек, получающих пенсию по профессиональным заболеваниям [1]. Многие люди страдают различными болезнями, приобретёнными в результате проживания в экологически неблагоприятных регионах России. В этой связи актуальной является проблема анализа потенциального риска реализации программ развития промышленности.

Под экологическим риском понимается прогноз и оценка экономического ущерба окружающей природной среде от планируемой деятельности, вытекающего из анализа предстоящего использования природных ресурсов. В практике понятие риска (R) используется при оценивании потенциального ущерба. В терминах теории вероятности (опасности (H), уязвимости (V)) [2]:

$$R = H \times V.$$

Опасность подразумевает некую угрозу, существующую независимо от человека. Под опасностью понимается вероятность события на заданной площади в течение заданного интервала времени. Опасность может характеризоваться финансовым или экономическим ущербом, в который включается суммарная стоимость всех затрат, связанных с происшедшим