

УДК 004.031.42:331.44

Розглянуті питання, пов'язані з впливом комплексу шкідливих виробничих чинників на організм працюючого співробітника, що бере участь у виконанні бізнес-процесів промислового підприємства. Описані моделі оцінки впливу одного і множини шкідливих виробничих чинників на організм людини, які дозволяють своєчасно попередити можливість виникнення позаштатних ситуацій на об'єкті управління за наслідками послідовності вимірювань виробничих чинників

Ключові слова: умови праці, рівні шкідливих чинників, сумарне навантаження, технологічний процес, персонал

Рассмотрены вопросы, связанные с влиянием комплекса вредных производственных факторов на организм работающего сотрудника, участвующего в выполнении бизнес-процессов промышленного предприятия. Описаны модели оценки влияния одного и множества вредных производственных факторов на организм человека, позволяющие своевременно предупредить возможность возникновения внештатных ситуаций на объекте управления по результатам последовательности измерений производственных факторов

Ключевые слова: условия труда, уровни вредных факторов, суммарная нагрузка, технологический процесс, персонал

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОД- СТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЧЕЛОВЕКА

Н. Н. Сердюк
Ассистент*

Кафедра охраны труда
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина,
61166

E-mail: natya@i.ua

1. Введение

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника. Производственная среда характеризуется санитарно-гигиеническими условиями труда (температура, шум, освещенность, запыленность, загазованность, вибрация и т.д.), безопасностью трудовой деятельности, режимом труда и отдыха, а также взаимоотношениями между сотрудниками предприятия. Условия труда могут рассматриваться в технических, организационных, психофизиологических, социальных, правовых и других аспектах. В практической деятельности мы сталкиваемся со сложным объектом управления, где все подсистемы и элементы объединяются во времени и пространстве, образуя производственный процесс, в результате которого выпускается продукция и происходят изменения в условиях труда.

Решение задач контроля и прогнозирования условий труда, разработка рекомендаций по управлению охраной труда, которые требуют оперативного измерения множества параметров, влияющих на здоровье и работоспособность человека возможно только при помощи системы управления условиями труда, которая охватывает первый уровень иерархической структуры управления – рабочее место. Данная система, по сути, является системой поддержки принятия решений в управлении условиями труда. Развитие вычислительной техники дает возможность создания систем оперативного управления условиями труда на конкретном рабочем месте с уче-

том специфики труда. Однако отсутствие сведений об информационных связях системы оперативного управления условиями труда, как объекта исследования, а также отсутствие объективных и научно обоснованных критериев оценки вредности условий труда, достаточно полных математических моделей влияния на организм комплекса изменяющихся во времени вредных факторов с учетом многофакторности и нелинейности, алгоритмов реализации этих методов, моделей и критериев в настоящее время является существенным препятствием для создания системы оперативного управления условиями труда.

2. Анализ существующих ИС и технологий, используемых для управления ОТ на предприятии

Исследования показали, что рынок информационных систем (ИС) управления охраной труда (ОТ) ориентирован на разработку уникальных систем, отвечающих на конкретные потребности заказчика, или же систем документооборота отдела ОТ и промышленной безопасности. Типовые ИС управления охраной труда практически полностью отсутствуют. Украинские разработчики на рынке подобных ИС не представлены. Примерами ИС, используемых для автоматизации управления ОТ могут служить следующие продукты.

АС «Труд-Эксперт» v.4.0 for Windows – универсальная система, предназначенная для автоматизации процессов аттестации рабочих мест по условиям труда [1]. Эта АС представляет собой распределенную модульную систему, построенную на принципах

сервисно-ориентированной архитектуры. АС может использоваться на предприятиях различных видов экономической деятельности и отраслевой принадлежности. АС «Труд-эксперт» в полном объеме автоматизирует обработку данных по результатам аттестации рабочих мест и формирует пакет отчетной документации в соответствии с действующими нормативными документами, регламентирующими порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, а также формирует дополнительные отчетные и аналитические формы, облегчающие работу специалистов в процессе проведения аттестации рабочих мест и подготовке аналитических отчетов.

Автоматизированная информационная система «Здравтруд» предназначена для принятия управленческих решений, повышения эффективности расходования средств, снижения уровня травматизма и профзаболеваний, повышения квалификации специалистов по охране труда [2]. АИС «Здравтруд» является наиболее близкой к современному представлению ИС управления объектами или процессами. Анализ функциональных модулей и отдельных функций позволяет автоматизировать основные производственные функции специалиста по охране труда: аттестация рабочих мест, формирование отчетности по несчастным случаям, профзаболеваниям, инструктажам и др., ведение документации в соответствии с текущим законодательством. Анализ функциональных модулей и отдельных функций позволяет сделать вывод о возможной совместимости данной системы с большинством типовых систем ERP-класса, предназначенных для полномасштабной автоматизации управления предприятием [3, 4]. Однако главным недостатком данной системы является практически полное отсутствие функций анализа ситуации, сложившейся в области охраны труда, а также прогноза развития непредвиденных и чрезвычайных ситуаций и аварий, которые могут возникнуть.

Рассмотренные ИС и технологии ориентированы, прежде всего, на формирование и ведение различных видов отчетной документации. Большинство из них, за исключением АИС «Здравтруд», представляют собой разновидности специализированных систем электронного документооборота, при этом стандартные функции управления такого документооборота в рассмотренных системах представлены минимально.

3. Выделение нерешенной части проблемы и постановка задачи исследования

На основе результатов анализа существующих подходов к организации управления ОТ на предприятиях и способов информатизации управления условиями труда можно сделать следующие выводы.

Во-первых, в настоящее время ИС в области управления ОТ являются необходимым условием для осуществления эффективной реализации контроля и прогнозирования условий труда, а также для выработки управленческих решений. Однако, существующие ИС и технологии направлены, прежде

всего, на формирование и ведение отчетной документации в ущерб формированию и поддержке полномасштабных управленческих решений.

Во-вторых, существующие математические модели и методы решения задач по управлению условиями труда требуют наличия постоянно обновляющейся базы данных, описывающей реальные процессы в объекте управления. Это требование определяется необходимостью формирования единой точки зрения на разнообразные процессы объекта управления в рамках специализированной ИС оперативного управления условиями труда.

В-третьих, рынок информационных систем управления охраной труда ориентирован на разработку уникальных систем, отвечающих на конкретные потребности заказчика, или же систем документооборота отдела охраны труда и промышленной безопасности.

В-четвертых, результаты анализа существующих математических моделей, используемых для управления условиями труда показывают, что эти модели плохо приспособлены в использовании ИС и технологии управления предприятиями. Поэтому, при разработке новой или усовершенствовании существующих ИС управления условиями труда возникает необходимость в проведении научно-прикладных исследований по разработке новых или усовершенствовании существующих математических моделей и методов решения задач контроля, анализа и прогноза тенденций изменений условий труда на конкретном предприятии и на конкретном рабочем месте.

В-пятых, существующие ИС управления ОТ ориентированы, главным образом, на формирование и ведение учетной и справочной документации, неструктурированного или слабоструктурированного характера. В этих ИС практически полностью отсутствуют функции количественного контроля, анализа, прогноза и регулирования развития ситуаций, результаты которых могут использоваться при планировании или регулировании условий труда на на объекте управления или его отдельных процессов [5].

Сказанное выше позволяет выделить проблему разработки типовой полномасштабной информационной системы управления условиями труда на промышленном предприятии как практически полностью нерешенную.

Основными факторами, затрудняющими решение данной проблемы следует признать:

- а) отсутствие единых рекомендаций по перечню типовых функций управления условиями труда на предприятии;
- б) отсутствие согласованной точки зрения на систему показателей и схему данных, которые описывают процесс управления условиями труда на современном промышленном предприятии;
- в) значительная устарелость математического аппарата и конкретных моделей оценки анализа и прогноза условий труда на промышленном предприятии.

Рассмотренные выше особенности применения ИС для автоматизации управления условиями труда на предприятии показывают, что основным фактором, затрудняющим разработку подобных систем

следует признать устарелость математического аппарата. Поэтому главной отличительной особенностью разработки ИС управления условиями труда на предприятии следует признать необходимость первичной разработки новых и усовершенствование существующих математических моделей основных функциональных задач управления условиями труда в рамках конкретного предприятия.

Эта особенность обуславливает актуальность задачи исследования и разработки совокупности моделей и инструментальных средств интерактивной системы оперативного управления условиями труда на рабочем месте. Данную задачу следует сформулировать как разработку новых и усовершенствование существующих математических моделей функциональных задач анализа и прогноза влияния комплекса вредных производственных факторов (ВПФ) на организм работающего человека и последствий этого влияния. Главным отличием разрабатываемых моделей от существующих следует считать возможность получения результатов решения этих функциональных задач в виде временных графиков, отражающих зависимость результатов влияния комплекса ВПФ на организм человека и последствий этого влияния от времени.

4. Изложение материала исследования

С точки зрения формального описания существующие математические модели оценки влияния производственных факторов могут быть отнесены к двум основным видам задач оценки [6]: задача оценки влияния одного ВПФ на организм человека и модель влияния множества ВПФ на организм человека.

Модель оценки влияния одного ВПФ на организм человека в общем случае:

а) математическая модель оценки влияния одного ВПФ на организм человека, которая ставит в соответствие пороговому значению ВПФ конкретное состояние человека

$$\begin{aligned} O(\Phi): [\Phi_{\text{bot}}, \Phi_{\text{top}}] \rightarrow \text{sost}_j, \\ \text{sost}_j \in \text{SOST} = \{\text{sost}_1, \text{sost}_2, \dots, \text{sost}_j, \text{sost}_m\}, \\ \Phi_{\text{bot}}, \Phi_{\text{top}} \in \Phi, \quad \Phi_{\text{bot}} \neq \Phi_{\text{top}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где Φ – множество значений фактора.

б) математическая модель оценки влияния нескольких ВПФ на организм человека, которая аналогична первой

$$\begin{aligned} O(\Phi^1, \Phi^2, \dots, \Phi^i, \dots, \Phi^n): [(\Phi_{\text{bot}}^1, \Phi_{\text{top}}^1), \\ (\Phi_{\text{bot}}^2, \Phi_{\text{top}}^2), \dots, (\Phi_{\text{bot}}^n, \Phi_{\text{top}}^n)] \rightarrow \text{sost}_j, \end{aligned} \quad (2)$$

где Φ^i – множество значений i -го фактора Φ^i , $i = 1, \dots, n$, sost_j – описание состояния организма человека в результате действия множества факторов Φ^1, \dots, Φ^n , $\text{sost}_j = [\text{par}_1, \text{par}_2, \text{par}_3, \text{par}_4]$.

Эти математические модели не позволяют эффективно решать задачу расчета изменений состояния организма человека под воздействием комплекса ВПФ и прогнозирования попадания параметров,

описывающих состояние человека, в опасную для него зону. Как видно из форм описания этих типов моделей, они способны только классифицировать состояние человека по результатам замеров значений одного или нескольких ВПФ в какой-то момент времени. Поэтому, следует разработать такие математические модели функциональных задач анализа и прогноза ВПФ на организм работающего человека, которые позволили бы своевременно предупредить возможность возникновения внештатных ситуаций на объекте управления по результатам последовательности измерений ВПФ.

Модель оценки влияния множества ВПФ на организм человека можно описать следующим образом.

Если определить внештатную ситуацию как набор состояний организма человека опасных для его жизни и здоровья, то возможно выделить такие состояния как набор измеряемых параметров:

$$ES = [\text{par}_1, \text{par}_2, \dots, \text{par}_k], \quad (3)$$

где ES – множество опасных состояний организма человека;

par_i – пороговое значение i -го измеряемого параметра, $i = 1, \dots, k$, которое позволяет сделать вывод о текущем состоянии организма как опасном.

Тогда задачу исследования можно формально представить как разработку математической модели следующего вида [7]:

$$\begin{aligned} O(\Phi^1, \Phi^2, \dots, \Phi^i, \dots, \Phi^n): [\Phi^1(t), \Phi^2(t), \dots, \Phi^i(t), \dots, \Phi^n(t)] \rightarrow \\ \rightarrow [\text{par}_1(t), \text{par}_2(t), \dots, \text{par}_k(t)], \end{aligned} \quad (4)$$

где Φ_i – действующий на организм i -й ВПФ, $i = \overline{1, n}$;

$\Phi^i(t)$ – значение i -го ВПФ в момент времени t ;

$\text{par}_j(t)$ – значение j -го параметра, определяющего состояние организма человека под воздействием совокупности ВПФ Φ^1, \dots, Φ^n .

Предлагаемое формальное описание позволяет рассматривать задачи прогноза в ИС управления условиями труда на предприятии как частный случай задачи классификации [8]. Существует ряд показателей, которые характеризуют технологические процессы с различных точек зрения. Так, интегральными экономическими показателями являются энергоёмкость, металлоёмкость, трудоёмкость процесса, время производственного цикла. Технологические процессы с точки зрения условий труда в настоящее время характеризуются такими показателями как уровень безопасности труда, уровень охраны труда, уровень условий труда, функциональное состояние оператора и т.п.

Учитывая воздействие на организм многих факторов разной природы для совершенствования физиолого-гигиенической регламентации трудовой деятельности необходима суммарная оценка нагрузки с точки зрения условий труда [9]. Данные о количественных характеристиках влияния производственных факторов и физиологических нагрузок, взаимосвязи между интенсивностью нагрузки, ее длительностью и наблюдающимся эффектом немногочисленны [10].

Естественным будет считать, что если при одинаковых условиях труда одно изделие требует для своего изготовления больше времени (больше персонала),

чем другое, то суммарная нагрузка с точки зрения условий труда, «insalubrity», т.е. вредность для здоровья от процесса изготовления такого изделия соответственно выше. Однако, интегральные показатели для конкретных реализаций одного и того же технологического процесса являются случайными величинами. Поэтому технологический процесс в целом будет характеризоваться средними значениями этих величин. В качестве такого показателя количественных характеристик вредных условий труда предлагается математическое ожидание (среднее значение) суммарной нагрузки за все время осуществления технологического процесса. Такая «insalubrity» (IAB) должна суммироваться по всему персоналу, занятому в технологическом процессе.

Рассмотрим совокупность значений ВПФ, действующих на одного работника в некий момент времени как вектор следующего вида:

$$[\phi^{1k}(t_j), \phi^{2k}(t_j), \dots, \phi^{ik}(t_j), \dots, \phi^{nk}(t_j)]$$

- вектор значений ВПФ, действующих на k-го работника в момент времени t_j (когда проводится замер).

Пусть за время с момента начала участия k-го работника и до момента окончания участия k-го работника в технологическом процессе t_m проводится m замеров. Тогда, среднее значение величины значений одного ВПФ ϕ^{ik} за промежуток времени $[t_1, t_m]$ вычисляется по формуле

$$\mu_{\phi^{ik}(T)} = \frac{\sum_{j=1}^m \phi^{ik}(t_j)}{m}, \quad (5)$$

где $\mu_{\phi^{ik}(T)}$ - среднее арифметическое для m значений величин i-го ВПФ, действующего на k-го работника в промежуток времени $T=[t_1, t_m]$;

m - количество замеров значения i-го ВПФ, действующего на k-го работника в промежуток времени $T=[t_1, t_m]$;

t_j - момент времени, в который осуществляется j-й замер, $t_1 \leq t_j \leq t_m$.

Тогда вектор усредненных значений ВПФ, действующих на k-го работника в промежуток времени $T = [t_1, t_m]$, будет иметь вид:

$$[\mu_{\phi^{1k}(T)}, \mu_{\phi^{2k}(T)}, \dots, \mu_{\phi^{ik}(T)}, \dots, \mu_{\phi^{nk}(T)}]. \quad (6)$$

Для всего персонала суммарная «insalubrity» участия в ТП за промежуток времени $T=[t_1, t_m]$ будет рассматриваться как величина, имеющая следующий вид:

$$IAB = \sum_{k=1}^S IAB_k = \sum_{k=1}^S [\mu_{\phi^{1k}(T)}, \mu_{\phi^{2k}(T)}, \dots, \mu_{\phi^{ik}(T)}, \dots, \mu_{\phi^{nk}(T)}]. \quad (7)$$

Предлагаемое представление суммарной вредной нагрузки IAB позволяет описать воздействие комплекса ВПФ на состояние организма человека, оценить нагрузку с точки зрения условий труда и безопасности производства.

5. Выводы

Для оценки «insalubrity» реально существующего технологического процесса достаточно экспериментально определить величины $\mu_{\phi^{nk}(T)}$ в нескольких реализациях вычислить величины IAB и найти их среднее значение.

Сложнее обстоит дело для технологического процесса, изучаемого по документации (планирование нормативных параметров условий труда). Здесь возможны следующие подходы к вопросу.

Для некоторых технологических процессов уровень воздействия вредных факторов остается практически неизменным во время всего процесса. Для других процессов данный уровень меняется случайным образом, вне зависимости от состояния самого процесса или выполняемой технологической операции. При этом необходимо по технологической документации либо (в первом случае) оценить уровни вредных факторов, либо (во втором случае) определить характеристики случайных процессов, описывающих изменения во времени параметров вредных факторов среды.

Таким образом, в дальнейшей перспективе необходимо разработать математическую модель определения «insalubrity» технологического процесса, суммарное значение которой и будем рассматривать как показатель влияния вредных факторов технологического процесса на персонал, т.е. как интегральный показатель безопасности производства с точки зрения условий труда.

Литература

1. Автоматизированная информационная система «Здравтруд» [Электронный ресурс] / Научно-производственное предприятие «Этна – Информационные технологии». – Режим доступа: <http://www.etna-it.ru/> – Загл. с экрана.
2. Автоматизированная система «Труд-Эксперт» v.4.0 for Windows [Электронный ресурс] / Клинский институт условий и охраны труда. – Режим доступа: <http://www.kiout.ru/> – Загл. с экрана.
3. Solutions for Enterprise Resource Planning [Электронный ресурс] / Сайт компании SAP AG. – Режим доступа: <http://www54.sap.com/pc/bp/erp/software/overview.html>. – Загл. с экрана.
4. Oracle Enterprise Manager 12c [Электронный ресурс] / Сайт компании Oracle. – Режим доступа: <http://www.oracle.com/us/products/enterprise-manager/index.html>. – Загл. с экрана.
5. Nisbet, R. Handbook of Statistical Analysis & Data Mining Applications [Текст] / Nisbet, Robert; Elder, John; Miner, Gary. – Academic Press/Elsevier, 2009.
6. Ian H. Witten. Hall Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques [Текст] / Ian H. Witten, Eibe Frank and Mark A. – 3rd Edition. – Morgan Kaufmann, 2011. – P. 664.

7. Евланов, М.В. Формализация взаимных отображений моделей информационных систем [Текст] / М.В. Евланов // Materialy IV Miedzynarodowej naukow-praktycznej konferencji «Nowoczesnych naukowych osiagnie-2008». - 2008. Т.13. - Р. 82-85.
8. Standard Statistical Classifications: Basic Principles [Электронный ресурс] / by Eivind Hoffmann, Bureau of Statistics, International Labour Office and Mary Chamie, United Nations Statistics Division. - Режим доступа: <http://unstats.un.org/unsd/class/family/bestprac.pdf> – Загл. с экрана.
9. Сердюк, Н.Н. Оценка здоровья человека при совместном действии вредных производственных факторов [Текст] / Н.Н.Сердюк // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2010. № 17. - С. 46-50.
10. Баевский, Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии [Текст] / Р.М. Баевский. – М.: Медицина, 1979.- 286с.

У статті розглянуті теоретичні і практичні особливості вживання методу аналізу ієрархій для вибору переважного варіанту стандарту в системі цифрового мовлення. Цей метод дає можливість формалізованого вибору оптимального проектного варіанту з врахуванням сукупності показників якості на основі суб'єктивних думок експертів

Ключові слова: стандарт, метод, модуляція, оптимізація, ієрархія, матриця, експерт

В статье рассмотрены теоретические и практические особенности применения метода анализа иерархий для выбора предпочтительного варианта стандарта в системе цифрового вещания. Этот метод дает возможность формализованного выбора оптимального проектного варианта с учетом совокупности показателей качества на основе субъективных суждений экспертов.

Ключевые слова: стандарт, метод, модуляція, оптимізація, ієрархія, матриця, експерт

УДК 338.984

СРАВНЕНИЕ СТАНДАРТОВ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

В. М. Безрук

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

Академик Академии Наук прикладной радиоэлектроники и Академии Связи Украины
E-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

Ю. В. Скорик

Аспирант*

E-mail: Skorik_Y@list.ru

*Кафедра «Сети связи»

Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

1. Введение

В настоящее время существуют различные стандарты телевизионного вещания, каждый из которых характеризуется совокупностью противоречивых технико-экономических показателей [1 – 3]. Для выбора предпочтительного варианта стандарта и его реализация в сетях телевизионного вещания следует использовать методы многокритериального выбора оптимальных проектных вариантов [4 – 9].

В данной работе проанализированы и сравнены два стандарта цифрового телевизионного вещания: стандарт DVB-T с многочастотной модуляцией COFDM и стандарт ATSC с 8-уровневой одночастотной амплитудной модуляцией с подавленной боковой полосой ОБП-8Т [1 – 3]. Сравнение стандартов выполнено с учетом совокупности показателей качества методом Саати [10]. Приведены некоторые количественные результаты, характеризующие практические особенно-

сти применения метода Саати для выбора предпочтительного варианта телевизионного вещания.

2. Сравнительный анализ технических характеристик систем телевизионного вещания стандартов DVB-T и ATSC

Выполним анализ основных технических характеристик систем телевизионного вещания стандартов DVB-T и ATSC с учетом основных технических характеристик, которые будут выбраны в качестве показателей качества при сравнении указанных систем телевизионного вещания. При сравнительном анализе указанных систем использованы материалы работы [1].

Каждая система телевизионного вещания имеет свои преимущества и недостатки. В системе ATSC сигнал более устойчив в Гауссовом канале, менее чув-