

СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПОКАЗАТЕЛЬ РИСКА УХУДШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Введение

Проблемы воздействия энергетики на окружающую среду занимают важное место в исследованиях специалистов – энергетиков, экономистов, экологов. Обострение экологических проблем в виде глобального потепления климата, кислотных дождей, озоновых дыр, а также техногенных аварий привело к интенсификации исследований этих проблем [1-6].

Основной объём антропогенных эмиссий парниковых газов приходится на сжигание топлива. По данным Международного

энергетического агентства (IEA), три четверти объёмов углекислого газа, образующихся в результате человеческой деятельности, выбрасывается при производстве и использовании ископаемых видов топлива [7].

Экологическую обстановку в Украине формируют предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) – оборонной промышленности, добывающей промышленности [8, 9]. Количество выбросов веществ-загрязнителей стационарными источниками при различных видах деятельности в процентном соотношении представлено в

табл. 1. Наибольшие выбросы оксидов азота, двуокиси серы и пыли вносят стационарные источники предприятий ТЭК, соответственно 58, 74, 56% (рисунки 1-3), выбросы углеводов и лёгких органических соединений (ЛОС) – предприятия добывающей промышленности – 77%, выбросы оксида углерода – предприятия оборонной промышленности – 70% (табл. 2, 3).

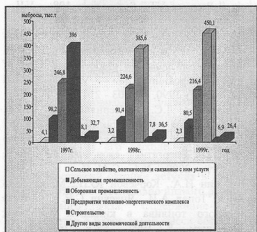


Рис.1. Выбросы пыли стационарными источниками

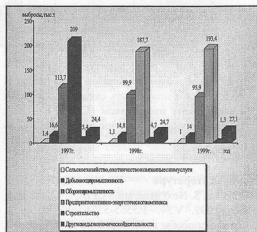


Рис.3. Выбросы оксида азота стационарными источниками

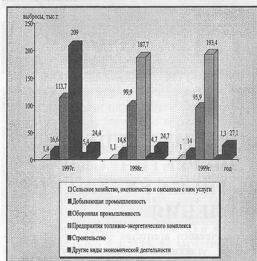


Рис.2. Выбросы двуокиси серы стационарными источниками

Мощным инструментом, улучшающим экологию, является уменьшение потребления энергии за счёт повышения энергоэффективности работы производственных систем. Производственные системы Украины оказались неподготовленными к работе в новых экономических условиях, осложнённых экономическим кризисом и общим спадом

производства. Особенно осложнилась ситуация в связи с экспортом ТЭР из России энергоносителей по мировым ценам на [10]. Технологии потребления ТЭР в Украине остались прежними. В большей своей части они оказались энергонезэффективными и структура себестоимости продукции изменилась в сторону увеличения энергетической составляющей.

Постановка задачи

В прошлом основной целью управления энергосистемой являлось удовлетворение потребности народного хозяйства и населения в электроэнергии и тепле при минимальных народнохозяйственных затратах. Такой подход к формированию цели не учитывает влияния на экологию и здоровье человека.

Выбросов объектов ТЭК оказывают сильное негативное влияние на здоровье человека, которое усугубляется радиационным загрязнением в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Поэтому сегодня главная цель функционирования энергетических и производственных систем должна учитывать влияние на здоровье человека.

Ряд ученых СНГ и других стран в методике оценки риска потери здоровья, в частности, вероятности генетических аномалий при антропогенных воздействиях на биоту, применяют фактографический анализ и статистическую обработку результатов [11].

Математическая модель воздействия ТЭК на человека

Рассмотрим модель (рис.4), описывающую процесс выработки электрической энергии и

воздействие вредных выбросов на здоровье человека.

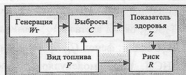


Рис. 4. Структурная схема математической модели

$W_{Г}$ - выработанная электроэнергия;
 F - виды топлива;

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ - концентрация вредных веществ;
 Z - "показатель здоровья";
 R - риск изменения показателя здоровья.

Модель включает в себя генерацию электрической энергии $W_{Г}$, выработанной электростанциями, которые работают на различном топливе ($F_{У}$ - уголь, $F_{Г}$ - газ, $F_{Н}$ - нефть, $F_{Я}$ - ядерное топливо, $F_{В}$ - возобновляемые источники энергии). Каждый вид топлива обладает своими "энергэкологическими" (ЭЭП) и

Таблица 1
Выбросы веществ-загрязнителей стационарными источниками в Украине за 1997-1999 года

Вид экономической деятельности	Выбросы по годам					
	1997		1998		1999	
	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%
Все виды экономической деятельности	4531,8	100	4156,3	100	4116,0	100
Сельское хозяйство, охотничество и связанные с ним услуги	12,1	0,3	9,4	0,2	11,4	0,3
Добывающая промышленность	1194,0	26,3	1047,0	25,2	1011,8	24,6
Оборонная промышленность	1624,1	35,8	1488,0	35,8	1419,6	24,5
Предприятия топливно-энергетического комплекса	1464,7	32,3	1376,5	33,1	1480,9	36,0
Строительство	39,9	0,9	46,9	1,1	26,0	0,6
Другие виды экономической деятельности	197,0	4,4	188,5	4,6	166,3	4,0

Таблица 2
Выбросы углеводородов и ЛОС стационарными источниками в Украине за 1997-1999 г.г.

Вид экономической деятельности	Выбросы по годам					
	1997		1998		1999	
	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%
Все виды экономической деятельности	461,8	100	427,4	100	439,7	100
Сельское хозяйство, охотничество и связанные с ним услуги	0,7	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1
Добывающая промышленность	345,5	74,8	314,4	73,6	339,4	77,2
Оборонная промышленность	73,0	15,8	65,1	15,2	63,3	14,4
Предприятия топливно-энергетического комплекса	4,3	0,9	2,2	0,5	3,4	0,8
Строительство	2,1	0,5	11,4	2,7	3,2	0,7
Другие виды экономической деятельности	36,2	7,8	33,8	7,9	30,2	6,9

Таблица 3
Выбросы оксида углерода стационарными источниками в Украине за 1997-1999 г.г.

Вид экономической деятельности	Выбросы по годам					
	1997		1998		1999	
	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%
Все виды экономической деятельности	1366,1	100	1278,9	100	1237,1	100
Сельское хозяйство, охотничество и связанные с ним услуги	4,4	0,3	3,6	0,3	2,9	0,2
Добывающая промышленность	294,8	21,6	257,6	20,1	254,3	20,6
Оборонная промышленность	940,6	68,9	890,2	69,6	860,5	69,6
Предприятия топливно-энергетического комплекса	71,6	5,2	79,0	6,2	69,1	5,6
Строительство	7,0	0,5	7,3	0,6	5,9	0,5
Другие виды экономической деятельности	47,7	3,5	41,2	3,2	44,4	3,6

"энергоэкономическими" (ЭЭКП) показателями. Выбор вида топлива оказывает влияние на технико-экономические и экологические показатели работы ТЭК, а также на сумму инвестиций в создание (строительство) и поддержание очистных и утилизирующих сооружений.

Под ЭЭП подразумевается показатель, определяющий степень воздействия на окружающую среду при выработке электрической и тепловой энергии при использовании одного и того же вида топлива, но с разными физико-химическими показателями. Иными словами это "показатель качества" топлива.

В результате работы электростанций происходит выбросы веществ-загрязнителей, которые имеют концентрацию C , а также выбросы теплоты, ионизирующее излучение, электромагнитное поле, отторжение земельных ресурсов. Значение концентрации можно определить согласно выражению:

$$C = f_1(F, W_r, \text{ЭЭП}). \quad (1)$$

При использовании различных видов топлива в атмосферу выбрасываются вещества-загрязнители, концентрацию которых опишем как:

C_y – концентрация веществ-загрязнителей, образованных при использовании в качестве топлива угля, C_r – газа, C_n – нефти, $C_я$ – ядерного топлива, $C_в$ – возобновляемых источников энергии.

Значения концентрации веществ-загрязнителей в зависимости от ЭЭП топлива могут быть различны и иметь вид (рис.5):

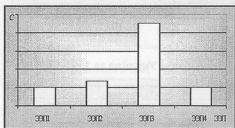


Рис. 5. Влияние ЭЭП на концентрацию веществ-загрязнителей

Суммарное значение концентрации веществ-загрязнителей определяется как:

$$C = C_y + C_r + C_n + C_я + C_в$$

ТЭК выбрасывает в окружающую среду такие вещества-загрязнители, как оксид углерода CO , диоксид серы SO_2 , сероводород H_2S , серная кислота H_2SO_4 , оксид азота NO_x , аммиак NH_3 , ацетон CH_3COCH_3 , фенол C_6H_5OH , цианистый водород HCN , хлор молекулярный, оксиды алюминия Al_2O_3 , диоксид кремния SiO_2 , сажа, оксид натрия, магния, калия, железа, молибдена, стронция, вольфрама, висмута, древесная пыль, пентаоксид диванадия (пыль) V_2O_5 , неорганические соединения шестивалентного хрома (по CrO_3), никель и его окислы, кобальт металлический, оксид кобальта, оксид цинка ZnO , оксиды мышьяка, неорганические соединения ртути по Hg , неорганические соединения свинца по Pb , золы углей, золы торфов, каменноугольная пыль, а также воздействует на окружающую среду шумом, электромагнитным и ионизирующим излучением.

Каждое вещество-загрязнитель присутствует в атмосфере со своей концентрацией c_i и для неё установлено значение предельно допустимой концентрации ПДК_i. При одновременном присутствии в атмосфере веществ, обладающих однонаправленным действием, их безразмерная суммарная концентрация должна удовлетворять условию:

$$\frac{c_1}{ПДК_1} + \frac{c_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{c_n}{ПДК_n} \leq 1 \quad (2)$$

Вместо ПДК можно использовать такие характеристики как предельно допустимый выброс (ПДВ) и предельно допустимый уровень (ПДУ) веществ-загрязнителей или использовать их вместе.

Для определения f_1 применим фазилогику и введём понятие лингвистической переменной "КОНЦЕНТРАЦИЯ" [12]. Для этого используем безразмерное значение концентрации вредных веществ

$$d_i = \frac{c_i}{ПДК_i}$$

Лингвистическая переменная имеет следующие характеристики: "слабая", "вызывает опасение", "опасная" и "чрезвычайно опасная". Они показывают уровень концентрации вредного

вещества в атмосфере и литосфере в виде нечётких диапазонов (рис. 6).

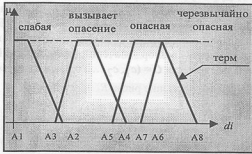


Рис. 6. Диапазоны характеристик концентрации и виды термов

Значения диапазонов A1-A8 характеристик переменной "КОНЦЕНТРАЦИЯ" и виды термов определяются экспертами. Лучше всего, если при оценке диапазонов предусмотрены взаимопереходы. То есть, другими словами можно сказать, что допускается пересечение диапазонов. При этом не допускаются интервалы между диапазонами. Деление на диапазоны может быть несимметричным.

Для однонаправленных по действию веществ используется суммарная безразмерная

концентрация $\sum_i \frac{c_i}{\text{ПДК}_i}$. Затем определяются правила логической обработки входных фазиперменных d_i .

Для каждой концентрации вредного выброса d_i существует степень принадлежности к диапазону концентрации $\mu_{k,i}$. Для совокупности входных величин $\mu_{k,i}$ группой экспертов определяются правила их логической обработки:

$$P = f(\mu_{k,1}, \mu_{k,2}, \dots, \mu_{k,n}). \quad (3)$$

Показатель здоровья Z определяет здоровье человека в зависимости от присутствия вредных веществ в окружающей среде.

Определить значение показателя здоровья в данной модели можно как:

$$Z = f_2(C) \quad (4)$$

Численно Z определяется в процессе деафизикации.

Для этого вводится лингвистическая

переменная "ПОКАЗАТЕЛЬ ЗДОРОВЬЯ" и определяются экспертами граничные значения характеристик переменной. "ПОКАЗАТЕЛЬ ЗДОРОВЬЯ" — безразмерная величина, характеризует состояние здоровья человека и изменяется в пределах от 0 до 1. Для абсолютно здорового человека "ПОКАЗАТЕЛЬ ЗДОРОВЬЯ" равен 1. Чем лучше здоровье человека, тем большее значение принимает показатель здоровья.

Этот показатель имеет следующие характеристики: "отличное", "хорошее", "удовлетворительное" и "плохое".

Затем с помощью заранее определенных правил (3) определяется показатель здоровья Z в количественном виде.

Определить же риск изменения показателя здоровья можно следующим образом.

R — риск изменения показателя здоровья:

$$R = f_3(Z). \quad (5)$$

Определим $f_4(Z)$ как $\frac{1}{Z}$. Тогда R будет изменяться в пределах от 1 до ∞ .

Таким образом, можно оценить степень "опасности" каждого из видов топлива, то есть рассчитать величину риска в зависимости от его вида и ЭЭП (рис.8).

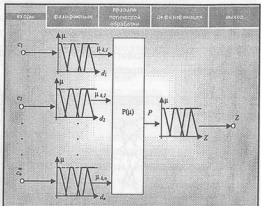


Рис.7. Алгоритм расчёта "Показателя здоровья"

Построенная диаграмма показывает, какое значение может иметь риск изменения показателя здоровья R при различных ЭЭП для каждого вида топлива F_i .

Оценить общую экологическую обстановку, созданную энергетическим комплексом можно, используя нейронные сети. Для этого строится нейронная сеть и обучается алгоритмом с

помощью процедуры обратного распространения. Данная процедура подразумевает наличие некоего внешнего звена, представляющего сети кроме входных также и целевые выходные образы. Для их успешного функционирования необходимо наличие экспертов, создающих на предварительном этапе для каждого входного образа эталонный выходной. Процесс обучения заключается в подстраивании весов синапсов. Очевидно, что подстройка синапсов может проводиться только на основании информации, доступной в нейроне, то есть его состояния и уже имеющихся весовых коэффициентов.

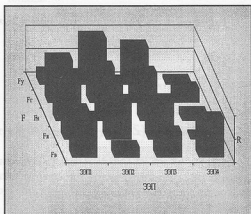


Рис. 8. Зависимость риска от различных видов топлива

Для оценки экологической обстановки используется модель, представленная на рис.9.

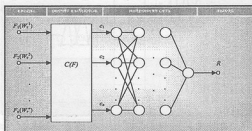


Рис. 9. Модель оценки экологической обстановки

В качестве $F(W_r)$ принимаются значения вида топлива, его количества и сгенерированной электроэнергии при использовании этого вида и количества топлива. Используя эту информацию, производится расчёт концентрации выбросов в окружающей среде веществ-загрязнителей c_1, c_2, \dots, c_N . Далее эта информация поступает на входы

сети, а на выходе получается результат.

Для обучения нейронной сети используются данные, полученные с помощью модели, основанной на фазе-логике, описанной выше. В качестве обучающих входных сигналов принимается вектор значений концентраций опасных веществ $C = (c_1, c_2, \dots, c_N)$, а в качестве выходных – значение риска R .

Выводы

1. Предложенная структурно-логическая схема оценки воздействия энергетических объектов на показатель риска ухудшения здоровья человека позволяет определить воздействие применения различных видов топлива в энергетике.
2. Использование индикаторов "показатель здоровья" и "риск изменения показателя здоровья" позволяет отразить уровень воздействия ТЭК на здоровье человека.
3. Привлечение экспертов для оценки влияния веществ-загрязнителей позволяет создать аппарат расчёта значения индикатора с использованием фазы-логики.
4. Использование приведенной методики позволяет не только оценивать, но и моделировать и прогнозировать ситуацию воздействия ТЭК на окружающую среду.

Литература

1. Балацкий О.Ф. Экономика чистого воздуха. – К.: Наук. думка, 1979. – 293 с.
2. Бесчинский А.А., Вольфберг Д.Б. К 75-летию мирового энергетического совета // Теплотехника. – 1998. - №9 – С. 24-27.
3. Вольфберг Д.Б. Состояние и перспективы энергетики мира // Теплотехника. – 1998. - №9 – С. 28-35.
4. Ольховский Г.Г. Пути развития мировой энергетики / По материалам 17-го конгресса МИРЭС. – Энергоинформ. – Информ. Додаток №29 - №18(38). – 1999, вересень. – 8 с.
5. Лесков С. Прогнозы на XXI век. Климат на планете Земля. Мы стоим на пороге незнакомого мира. – Известия. – 1999, 31 декаб.
6. Изразль Ю.А. и др. Кислотные дожди. –Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 206 с.
7. International Energy Agency Statement on The Energy Dimension of Climate Change. http://www.iea.org/new/clim/edcc_iaepdf
8. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 1998 році. Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України. – 1999.

9. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 1999 році. К.: Видавництво Раєвського – 2000.
10. Енергетична безпека – складова національної безпеки України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.; К.: УЕЗ, 1997. –91с.
11. А.М.Дуган Мутагенность газовой компоненты атмосферного воздуха как показатель его качества. Цитология и генетика, 1998, Т32. №1, с.113-121.
12. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М: Мир, 1976.