

УДК 504.05:519.816

Б. Х. Санжапов, А. С. Шек

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ ПРИ УЧЕТЕ КАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Проанализированы предприятия строительной индустрии на примере цементной промышленности ЮФО. Рассмотрен процесс формирования нечеткой базы знаний. Составлена структура базы знаний. Для логического вывода используется метод Мамдани.

К л ю ч е в ы е с л о в а: оценка экологического состояния, нечеткая база знаний, производственные правила, строительная индустрия.

The enterprises of the construction industry are analyzed on the example of the cement industry of the SFD. The formalization process of fuzzy knowledge base is described. The structure of knowledge base is compiled. Mamdani method is used for the logic inference.

Key words: assessment of the ecological state, fuzzy knowledge base, production rules, construction industry.

Цемент — это название группы веществ, которые обладают следующими физическими свойствами: порошкообразность, вязкость и способность образовывать пластичную массу, которая при высыхании принимает состояние камня¹.

Цемент и бетон занимают второе место по потребляемым ресурсам на земле. Среднее потребление цемента в год составляет около 1 т на человека. Цемент производится во многих странах мира, но 70 % мирового производства цемента сосредоточено в 10 странах мира. Цементная промышленность является ключевой для экономического развития стран и позволяет производить основной вид строительных материалов для обеспечения городской инфраструктуры жилищным и промышленным строительством.

Из существующих способов производства цемента самыми распространенным являются клинкерные способы производства, а именно мокрый и сухой способ производства цемента. Также существуют безклинкерные способы — это цементы на основе гидравлического шлака, на основе донных шлаков, на основе нефелинового (белитового) шлама — и комбинированные способы.

На сегодняшний день в Южном Федеральном округе² действует семь крупных заводов по производству цемента (табл.).

Заводы Краснодарского края:

Гайдуковский цементный завод. ООО «Атакайцемент»;

Новороссийский цементный завод. ОАО «Новоросцемент»;

Туапсинский цементный завод. ООО «Туапсинский цементный завод»;

ОАО «Верхнебаканский цементный завод».

¹ История цемента. Энциклопедия строительных и отделочных материалов. URL: http://www.vira.ru/enc/materials/gips/cem_history.html (дата обращения: 15.04.2015).

² Цементный рынок России. URL: http://beton.ru/library/353/elem_238175/ (дата обращения 15.04.2015).

Завод Ростовской области:

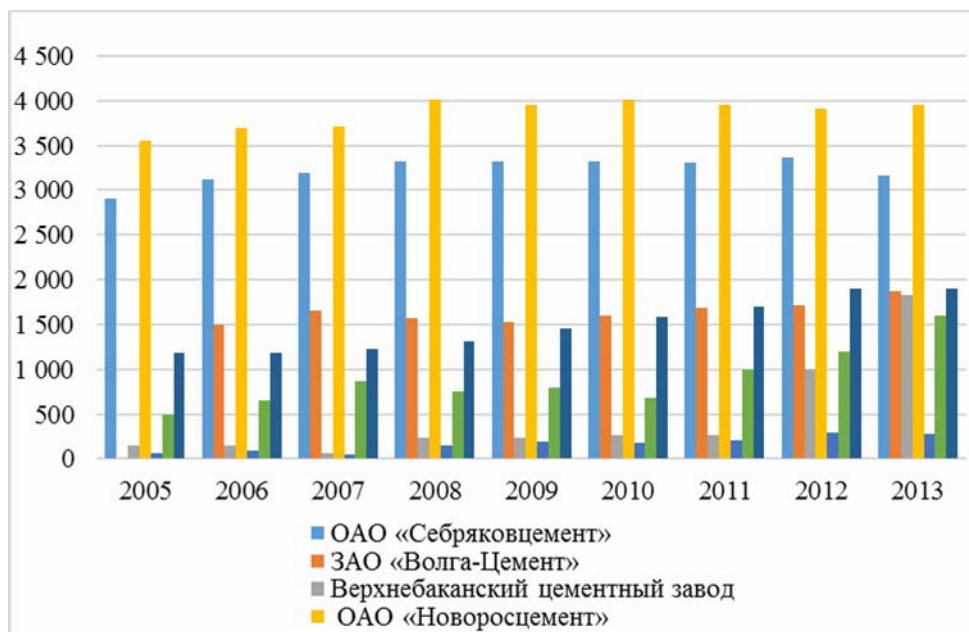
ЗАО «Углегорск-Цемент».

Заводы Волгоградской области:

Себряковский цементный завод. ОАО «Себряковцемент»;

Камышинский цементный завод. ЗАО «Волга-Цемент».

Анализ производства цемента за период с 2005 по 2013 гг. показал, что лидирующим регионом по производству цемента является Краснодарский край (рис.).



Статистика производства цемента заводам Южного федерального округа

Вторым регионом по объемам производства цемента в ЮФО является Волгоградская область. В Волгоградской области для производства цемента в основном используются клинкерные способы производства — сухой и мокрый.

Производство цемента включает в себя следующие технологические операции: приготовление сырьевой смеси, обжиг смеси, получение клинкера, помол клинкера с добавкой гипса.

Приготовление сырьевой смеси заключается в получении однородной смеси из тонкоизмельченного известняка и глины. Данная операция выполняется двумя способами: сухим или мокрым.

Вредное воздействие на окружающую среду во многом зависит от используемых энергоносителей. К основным воздействиям на окружающую среду при производстве цемента относятся выбросы пыли, газообразные выбросы в атмосферу, шумы и отходы производства (техническая вода, отходы производства). Главным образом при производстве цемента выделяются следующие вредные вещества: сажа, бензол, бенз(а)пирен, свинец и его неорганические соединения, оксид и диоксид азота, пыль неорганическая: 70...20 % двуокиси кремния, азота оксид, керосин, кальций карбонат, марганец и его соединения, серы диоксид, углерода оксид и другие загрязняющие вещества [1].

Оценка распространения выбросов вредных веществ предприятий цементной промышленности является важной задачей, решение которой заключается в четком построении модели переноса вредных веществ от источника загрязнения в окружающую среду.

В [2] автор предлагает использовать модель массопереноса вредных веществ. Благодаря этой модели можно получить точные значения концентрации вредного вещества на определенной высоте и расстоянии от источника выброса. Для оценки концентрации вредного вещества в окружающей среде здесь предлагается исследовать физический процесс оседания и распространения вредных веществ. Получение качественных значений достигается путем решения дифференциального уравнения, первая часть которого описывает детерминированный перенос на плоскость X (расстояние от источника выброса), а вторая часть – стохастический процесс в направлении Z (высота от уровня земли).

Методика, разработанная в [3], основана на работе [2] и позволяет определить с точностью, достаточной для инженерных расчетов, количество выделяющейся пыли при значениях плотности оседания пыли на поверхности в пределах $(0,1 \dots 100) \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$.

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = W_1 \frac{\partial P}{\partial x_1} + W_2 \frac{\partial P}{\partial x_2} + W_3 \frac{\partial P}{\partial x_3} + 0,5 \sum_{i=1}^3 b_i \frac{\partial^2 P}{\partial x_i^2}. \quad (1)$$

Интенсивность выделения вредного вещества определяется по величине плотности оседания вредного вещества G_0 , которая представляет собой массу пыли вредного вещества, поступающей в атмосферу от источника загрязнения.

$$M_{TO} = (G_1 F_1 + G_2 F_2 + \dots + G_n F_n) = \sum_{i=1}^n G_i F_i, \quad (2)$$

где n — количество частей площади оседания вредного вещества; F_i — оценка площади оседания вредного вещества, м^2 ; M_{TO} — масса пыли, поступающая от источника загрязнения, кг/ч .

После преобразования (2) и подстановки в (1) получаем:

$$G_{0\Pi} = G_{\max\Pi} P, \quad (3)$$

где $G_{\max\Pi}$ — интенсивность оседания пыли вредного вещества в непосредственной близости от источника.

Аналогичная постановка задачи рассматривалась в [4].

Согласно [5] плотность пылеоседания вредных веществ G_0 на удалении X от источника загрязнения описывается выражением

$$G_i = G_{\max} e^{-ax}, \quad (4)$$

где a — величина коэффициента, зависящего от значения скорости исследуемого воздушного потока, $1/\text{м}$.

Чтобы определить плотность пылеоседания в одном направлении на расстоянии X от источника загрязнения, необходимы точные значения показателей, измеренные в точках, удаленных от источника загрязнения.

В [5] рассмотрен пример определения величины плотности пылеоседания в условиях цеха по производству керамзитового гравия с учетом влияния двух соседних источников. Здесь используются данные замеров средней плотности пылеоседания на определенном расстоянии от источника загрязнения.

Данная модель также не учитывает состояние исходного сырья, однако описанные в [5] уравнения описывают процесс массопереноса пыли вредных веществ, а также позволяет выяснить суммарную величину выделений вредного вещества от источника загрязнений.

Существующие способы определения вредного воздействия на окружающую среду показывают различные данные, но использование вышеперечисленных моделей не позволяет учесть процессы оседания и распространения вредного вещества с учетом качественных характеристик исходного сырья.

Составим систему нечеткого вывода по методу Мамдани, с помощью которой можно сделать прогноз о состоянии загрязненности на основании данных о состоянии сырья для определенного способа производства цемента.

Формирование базы правил системы нечеткого вывода осуществляется в виде упорядоченного согласованного списка нечетких продукционных правил в виде «Если А то В», где антецеденты ядер правил нечеткой продукции построены при помощи логических связок «И», а консеквенты ядер правил нечеткой продукции простые. Определим набор параметров, влияющих на состояние модели в целом.

Основное продукционное правило имеет вид:

$$\text{Пр} = \{B, G, O\}, \quad (5)$$

где B — влажность сырьевой смеси; G — плотность пылеоседания; O — оценка загрязненности окружающей среды.

Плотность пылеоседания является лингвистической переменной с термножеством [4]:

$$G_n = \{\text{низкая, нормальная, средняя, высокая}\}. \quad (6)$$

Соответствие термов количественным значениям концентрации задается оценками экспертов в виде нечетких множеств в соответствии со средними показателями пылеоседания для цементного производства.

Оценка загрязненности окружающей среды формируется по оценкам экспертов в виде нечетких множеств. Таким образом, база знаний нечеткого вывода Мамдани, построенная на основании экспертных оценок, состоит из правил вида:

«ЕСЛИ влажность сырья B И плотность пылеоседания G , ТО загрязненность является O ».

$$\text{«ЕСЛИ } B_n \text{ И } G, \text{ ТО } O\text{»}. \quad (7)$$

Нечеткий вывод при этом записывается с учетом меры уверенности эксперта в адекватности правил. Для этого в общую схему формирования правил введем значение весового коэффициента n -го правила.

$$\text{ЕСЛИ } (B_{nj} \text{ И } G_{nj}, \text{ с весом } w_j) \text{ ТО } X_n = O_n, \quad (8)$$

где $j = \overline{1, m}$, $w_j \in [0, 1]$ — весовой коэффициент j -го правила.

Степень выполнения посылки j -го правила для входного вектора $P = \{B, G\}$ рассчитывается так:

$$\mu_j(P^*) = w_j(\mu_j(B_n)\chi_j, \mu_j(G)\chi_j), \quad j = \overline{1, m}, \quad (9)$$

где χ_j обозначает t -норму, которая обычно реализуется операцией минимума.

При использовании j -го правила получим вывод:

$$\tilde{O}_j^* = \text{imp}(\tilde{o}_j, \mu_j(P^*)), \quad j = \overline{1, m}, \quad (10)$$

$$\tilde{O}_j^* = \int_{y \in [\underline{y}, \bar{y}]} \min(\mu_j(P^*), \mu_{d_j}(y)) / y, \quad (11)$$

где $y = [\underline{y}, \bar{y}]$ — носитель результата нечеткого вывода.

Результат логического вывода по базе знаний получается агрегированием нечетких множеств:

$$\tilde{y}^* = \text{agg}(\tilde{o}_1^*, \tilde{o}_2^*, \dots, \tilde{o}_n^*), \quad (12)$$

где agg — агрегирование нечетких множеств, которое реализуется операцией максимума.

Построим функции принадлежности для $P = \{B, G\}$ на основе результатов опроса экспертов, представленных в табл. Значения влажности сырья взяты с учетом требований к сырьевым смесям при мокром и сухом способе производства цемента.

Результаты опроса экспертов относительно показателя влажности сырьевой смеси, %

Эксперты	Терм	Сухой способ			Мокрый способ		
		[0; 8)	(8; 10)	(10; 20)	(10; 20)	(20; 30)	(30; 45]
№ 1	Низкая	1	0	0	1	0	0
	Нормальная	0	1	0	0	1	1
	Высокая	0	0	1	0	0	1
№ 2	Низкая	1	0	0	1	0	0
	Нормальная	0	1	0	0	1	0
	Высокая	0	0	1	0	0	1
№ 3	Низкая	1	0	0	1	0	0
	Нормальная	0	1	0	0	1	0
	Высокая	0	0	1	0	1	1
№ 4	Низкая	1	1	0	1	0	0
	Нормальная	0	1	0	0	1	1
	Высокая	0	0	1	0	0	1

На этапе дефаззификации определим четкое значение для состояния загрязненности. Согласно построенной базе знаний нечеткий вывод Мамдани показывает, что при значениях влажности сырья $B = 10\%$ при сухом способе производства и плотности пылевыведения $G = 0,00946 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$ загрязненность составляет $O = 5,04 \text{ мг/м}^3$. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» предельно допустимое содержание цементной пыли в рабочей зоне 6 мг/м^3 . Таким образом, содержание цементной пыли в воздухе рабочей зоны при использовании сырья необходимой влажности дает показатели в пределах ПДК. Если же в качестве исходного сырья при тех же условиях использовать сырье влажностью $B = 15\%$, значение загрязненности будет составлять $O = 6,12 \text{ мг/м}^3$, что

превышает допустимую концентрацию. Следовательно, качество исходного сырья играет большую роль при оценке выбросов предприятий.

Для более полной оценки воздействия предприятий строительной индустрии на окружающую среду следует оценивать качество исходного сырья. Применение данного подхода в дальнейшем можно использовать при прогнозировании состояния загрязненности окружающей среды вблизи предприятий цементного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махова О. Г., Пантелеева Н. М. Определение химического и дисперсного составов цементной пыли // Научно-технический сборник. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. 2005. № 60. С. 119—123.

2. Богуславский Е. И. Вероятностно-статистическая пылеаэромеханика процессов и аппаратов обеспыливания // Известия Северо-Кавказского научного центра высшей школы. Сер. Технические науки. 1988. С. 137—140.

3. Азаров В. Н. Методика определения интенсивности пылевыведений от технологического оборудования. М., 2002. 8 с. Деп. в ВИНТИ 15.07.02, № 1332.

4. Санжапов Б. Х., Стулова Н. В. Модель поддержки принятия решений в задаче анализа экологического риска загрязнения городской среды объектами топливно-энергетического комплекса // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014. Вып. 11(32). Ст. 1. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

5. Азаров В. Н., Войтенко Т. В. Анализ дисперсного состава пыли при исследовании пылевой обстановки промышленных предприятий // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России : материалы междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2005.

1. Makhova O. G., Panteleeva N. M. Opredelenie khimicheskogo i dispersnogo sostavov tsementnoi pyli // Nauchno-tehnicheskii sbornik. Khar'kovskii natsional'nyi avtomobil'no-dorozhnyi universitet. 2005. № 60. S. 119—123.

2. Boguslavskii E. I. Veroyatnostno-statisticheskaya pyleaeromekhanika protsessov i apparatov obespylivaniya // Izvestiya Severo-Kavkazskogo nauchnogo tsentra vysshei shkoly. Ser. Tekhnicheskie nauki. 1988. S. 137—140.

3. Azarov V. N. Metodika opredeleniya intensivnosti pylevydelenii ot tekhnologicheskogo oborudovaniya. M., 2002. 8 s. Dep. v VINITI 15.07.02, No 1332.

4. Sanzhapov B. Kh., Stulova N. V. Model' podderzhki prinyatiya reshenii v zadache analiza ekologicheskogo riska zagryazneniya gorodskoi sredy ob'ektami toplivno-energeticheskogo kompleksa // Internet-vestnik VolgGASU. 2014. Vyp. 11(32). St. 1. URL: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

5. Azarov V. N., Voitenko T. V. Analiz dispersnogo sostava pyli pri issledovanii pylevoi obstanovki promyshlennykh predpriyatii // Prirodnoresursnyi potentsial, ekologiya i ustoichivoe razvitie regionov Rossii : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Penza, 2005.

© Санжапов Б. Х., Шек А. С., 2015

Поступила в редакцию
в августе 2015 г.

Ссылка для цитирования:

Санжапов Б. Х., Шек А. С. Оценка выбросов предприятий строительной индустрии при учете качественной информации // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2015. Вып. 3(39). Ст. 1. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

For citation:

Sanzhapov B. Kh., Shek A. S. [Assessment of emissions by enterprises of the construction industry allowing for qualitative information]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2015, no. 3(39), paper 1. (In Russ.). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>