

УЧЕТ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАСЧЕТА РАССЕЙВАНИЯ

А. Н. Маренков

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 1.03.2009 г.

Аннотация. Большая часть источников загрязнения атмосферы (ИЗА) характеризуется нестационарностью своей работы. Таким образом, при проведении расчета рассеивания необходимо это учитывать и для получения случая максимального выброса проводить расчет по группе источников, дающих максимальную концентрацию вредных веществ. При этом необходимо выявить наиболее неблагоприятный временной интервал, на котором с заданной вероятностью возможно наихудшее взаимное сочетание выбросов отдельных ИЗА.

Ключевые слова: источники загрязнения атмосферы (ИЗА), расчета рассеивания.

Abstract. The majority of sources of airborne contaminations (SAC) are described by nonsteady functioning. Thus during execution of pollutant emissions calculation, it is necessary to take it into account and execute calculation over group of sources, giving maximum of pollutant concentrations, for receiving of case of peak spike. At the same time it is essential to reveal most negative time slice, which contains worst combination of SAC spikes with specified probability.

Keywords: sources of airborne contaminations (SAC), pollutant emissions calculation.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире актуальна проблема экологии. Для минимизации ущерба, причиняемого промышленностью окружающей среде, необходимо иметь возможность максимально точно рассчитать объем загрязняющих веществ (ЗВ), выбрасываемых в процессе того или иного производства. Таким образом, на передний план выходит задача создания автоматизированной системы расчета загрязнения.

Частным случаем загрязнения окружающей среды является выброс ЗВ в атмосферу. Для этого типа загрязнения существуют определенные нормативные рекомендации по расчету, и выработаны формы для сбора информации об источниках загрязнения атмосферы (ИЗА). Поэтому целесообразно автоматизировать эту область экологических расчетов.

Многие ИЗА работают не постоянно, а в определенные временные промежутки. Кроме того, в эти промежутки ИЗА может функционировать с определенной вероятностью. Такие источники получили название «нестационарные ИЗА».

Важнейшим результатом расчета загрязнения атмосферы является максимально возможная концентрация загрязняющих веществ. В случае с нестационарными ИЗА задача расчета максимальной концентрации усложняется необходимостью выявления не только группы источников, дающих в сумме максимальную концентрацию, но и промежутка времени, в течение которого эта группа будет функционировать совместно.

Формализованное представление задачи выявления наиболее неблагоприятного временного интервала проводится с целью исследования возможности сведения данной задачи к известному типу алгоритмических задач.

Таким образом, для проведения расчета необходимо иметь следующую информацию об ИЗА: временные интервалы и вероятность функционирования.

Однако определение временных интервалов конкретных ИЗА даже на вербальном уровне является непростой задачей в связи с высокой степенью неритмичности большинства современных производств и технологических процессов, цикличностью и многорежимностью (многостадийностью) работы технологического оборудования. Поэтому требуется

разработка специального языка описания данных.

Также необходимо найти математически обоснованный метод дискретизации временных промежутков функционирования ИЗА. Полученный таким образом набор данных может быть представлен в виде массива и использован в алгоритме расчета рассеивания ЗВ.

1. ЯЗЫК ОПИСАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ

Принимая во внимание, что пользователями системы будут «проектировщики» (должность в организации, занимающейся созданием экологических проектов для промышленных объектов; уровень пользователя персональным компьютером - средний), можно определить основные требования к языку:

- термины языка должны быть максимально приближены к терминам повседневного языка;

- язык должен содержать расширяемый словарь ключевых слов, и ключевые слова должны представлять определенное понятие, действие [1];

- язык должен определять некоторые операции над множеством элементов, позволяющие определять новые элементы языка.

Таким образом, необходимо создать базовый словарь терминов, при помощи которого можно формировать новые термины.

Рассмотрим ключевые слова и определения, которые необходимы для определения любых временных интервалов:

- год (все временные интервалы);
- день недели («понедельник», «вторник», «среда» и т.д.);
- дата (<день>.<месяц>; например, 02.12, 30.06 и т.д.);
- время (<часы>:<минуты>; например, 00:01, 23:12 и т.д.).

Возможность дополнения и корректировки словаря является важным условием для эффективности его использования, причем ключевые слова являются его неотъемлемой частью, т.е. их нельзя исключить из словаря или изменить их смысловое наполнение.

Поле временного интервала на концептуальном уровне представляется в виде набора из ключевых слов, дополнительных элементов, введенных пользователем на основе ключевых слов, и операций объединения (+), пересечения

(×) и дополнения (-). Определение одного и того же временного интервала можно сделать различными способами. Таким образом, временной интервал можно представить в виде выражения, например:

$$\text{весна} = 01.03 \dots 31.05$$

Вводится ключевое слово «весна», состоящий из временного отрезка с первого числа третьего месяца по тридцать первое число пятого месяца. Поскольку временной компонент не используется, считается, что временной интервал покрывает все минуты с первой минуты первого марта по двадцать третий час пятьдесят девятую минуту тридцать первого мая.

$$\begin{aligned} & \text{рабочий_день} = \\ & = (\text{«понедельник»} \dots \text{«пятница»}) \times \\ & \times (09:00 \dots 18:00) \end{aligned}$$

Ключевое слово «рабочий_день» определяет временной интервал, состоящий из совокупности интервалов с девяти часов до восемнадцати часов каждый день с понедельника по пятницу.

2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ДИСКРЕТИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗА

ИЗА может иметь несколько режимов работы, различающихся по выбросам ЗВ (например, котельная - зима, лето; резервуары с нефтепродуктами - «малые» и «большие» дыхания и т.д.). Функционирование ИЗА происходит на определенном временном интервале.

Выбросы некоторых ИЗА происходят с определенной вероятностью (имеется в виду вероятность работы ИЗА в определенном режиме на заданном временном интервале). Например, в методиках по расчету балансовым методом максимально-разовых выделений загрязняющих веществ при проведении сварочных работ фигурирует понятие «чистое» время работы. Вероятность работы сварочного поста вычисляется как отношение «чистого» времени работы к продолжительности рабочего дня.

В приведенном примере ИЗА условно может находиться в двух режимах: работа, пауза. Сложнее описание для многорежимных ИЗА, которое можно представить, например, в виде эмпирической функции распределения вероятностей, как предлагается в [2], или, по аналогии с методами, предложенными в [3, 4], как:

- выброс $1/4$ от максимального - вероятность $0,1$;
- выброс $2/4$ от максимального - вероятность $0,5$;
- выброс $3/4$ от максимального - вероятность $0,2$;
- максимальный выброс - вероятность $0,2$.

Для задания всех необходимых возможных комбинаций работы источников необходимо дополнительное задание совместной вероятности.

Конкретные значения вероятностей работы того или иного источника выброса задаются в виде исходных данных проектировщиком и представляются как вещественные числа от 0 до 1 .

Таким образом, дополнительные данные для учета нестационарных источников могут быть представлены в следующем виде:

1. Описание временных интервалов.

2. Таблица параметров ИЗА с дополнительными графами:

- временной интервал (вместо или совместно с графой стадия технологического процесса, режим работы);

- совместный ИЗА (может отсутствовать, если данный ИЗА не зависит от работы других ИЗА);

- вероятность работы.

Время, потраченное на выполнение вычислений по определению максимально-возможной приземной концентрации ЗВ, находится в прямо пропорциональной зависимости от количества рассматриваемых интервалов. Следовательно, необходимо определить, какой наибольший временной интервал может быть использован для представления данных о времени работы ИЗА.

Согласно [5], определение разовых значений выбросов должно выполняться с 20-30 минутным осреднением. Таким образом, выбросы ИЗА можно представить как сигнал в виде квазистационарного случайного процесса, каждая реализация которого представляет собой функцию с ограниченным спектром.

В теоретических исследованиях наибольшее распространение получила модель сигнала в виде квазистационарного случайного процесса, каждая реализация которого представляет собой функцию с ограниченным спектром. Величина шага дискретизации в этом случае ставится в зависимость от наивысшей частоты спек-

ра. Такой критерий выбора отсчетов принято называть частотным.

При определении шага дискретизации можно ориентироваться непосредственно на степень некоррелированности отсчетов. Существует подход, где за модель сигнала принят случайный процесс конечной длительности T , спектр которого отличен от нуля на всей оси частот. В предположении, что $t_0 \ll T$, отсчеты берут через интервал корреляции t_0 , определяемый по известной корреляционной функции сигнала. Такой критерий выбора отсчетов называют корреляционным. Учитывая тесную взаимосвязь спектрального и корреляционного методов анализа сигналов, его иногда рассматривают как разновидность частотного критерия. Поскольку использование корреляционного критерия по сравнению с частотным не упрощает теоретических исследований, он не нашел применения в инженерной практике.

Практическую реализацию равномерной дискретизации чаще всего проводят с использованием аппроксимирующих многочленов в общем случае n -й степени. За математическую модель сигнала принимают стационарный случайный процесс, каждая реализация которого представляет собой непрерывную функцию $i(t)$, имеющую $(n+1)$ ограниченных производных. При этом динамические свойства сигнала задаются максимальным во всем интервале преобразования модулем $(n+1)$ -й его производной. Отсчеты выбирают по критерию наибольшего отклонения.

Так как при равномерной дискретизации шаг выбирают, исходя из максимальных значений динамических характеристик сигнала, то на многих участках интервала дискретизации, где мгновенные значения сигнала резко не меняются, он оказывается заниженным, что приводит к избыточности отсчетов.

Эффективное устранение избыточности в отсчетах обеспечивают методы адаптивной неравномерной дискретизации. Основным и наиболее простым методом дискретизации по выборкам является дискретизация по частотному критерию [6].

Правило выбора предельного шага при равномерной дискретизации с использованием модели сигнала с ограниченным спектром в наиболее четкой форме сформулировано и доказано акад. В. А. Котельниковым в виде теоремы, получившей в отечественной литературе его имя [7].

Наибольший временной интервал, при котором возможно учесть совместное влияние ИЗА (при представлении параметров ИЗА с осреднением выбросов за 20-30 минутный интервал), таким образом, составляет 10 мин (по вышеуказанной теореме Котельникова).

В результате дискретизации каждому источнику выброса ставится в соответствие его битовая карта, в которой «1» означает, что существует возможность функционирования источника на данном временном отрезке и «0» – в противном случае.

3. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЫБРОСА ЗВ НЕСТАЦИОНАРНЫМИ ИЗА

При помощи разработанного языка проектировщик задает временные интервалы работы ИЗА. Для каждого интервала задается вероятность функционирования источника. Также проектировщиком задается временной отрезок, на котором производится поиск максимального выброса ЗВ.

После этого производится дискретизация заданных временных интервалов согласно принципам, описанным в главе 3. Полученные массивы проецируются на заданный расчетный отрезок.

Все массивы пересекаются между собой, и путем перебора ищутся временные отрезки, в течение которых функционируют ИЗА, дающие максимальный суммарный выброс. Это длительная операция, требующая дальнейшей оптимизации.

Для найденных ИЗА вычисляется объем ЗВ, выделяющийся за промежуток времени, выбранный в качестве значения дискретизации. Это значение умножается на количество интервалов внутри временных отрезков, найденных на предыдущем шаге. Сумма полученных зна-

чений для полученной группы ИЗА дает максимальный выброс на заданном промежутке времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенное решение задачи расчета выброса ЗВ нестационарными ИЗА позволяет автоматизировать работу проектировщика и получать более достоверные результаты при расчете. Однако остается вопрос оптимизации поиска группы ИЗА, производящих максимальный выброс, и временного интервала, на котором они функционируют совместно. Время решения этой подзадачи путем прямого перебора нелинейно зависит от количества ИЗА. Для ускорения поиска может потребоваться введение дополнительных ограничений на входные данные. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сольницев Р.И.* Автоматизация проектирования систем автоматического управления / Р. И. Сольницев. – М. : Высшая школа, 1991. – 335 с.
2. *Тюрин Ю. Н.* Анализ данных на компьютере / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров. – М. : ИНФРА-М, Финансы и статистика, 1995. – 384 с.
3. *Нейлор К.* Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 286 с.
4. *Сойер Б.* Программирование экспертных систем на Паскале / Б. Сойер, Д. Л. Фостер. – М. : Финансы и статистика, 1990. – 190 с.
5. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
6. *Дмитриев В.И.* Прикладная теория информации / В. И. Дмитриев. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с.
7. *Коган И.М.* Прикладная теория информации / И. М. Коган. – М.: Радио и связь, 1981. – 216 с.

Маренков Алексей Николаевич – аспирант 2 года обучения кафедры программирования и информационных технологий факультета компьютерных наук Воронежского Государственного Университета. E-mail: amarenkov@inbox.ru. 8(960)120-08-47.

Marenkov Alexey Nikolaevich – Postgraduate student, Voronezh State University, Computer Science Faculty, the dept. of the Programming and Information Technologies, Tel. (4732)208-470, 8(960)120-08-47, E-mail: amarenkov@inbox.ru.