

УДК 519.86: 504.3.054

В. М. ДЕМИНА, К. С. КИРИЧЕК

Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева, Украина

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рассмотрены численные модели, описывающие процесс загрязнения воздушного пространства, которые применяются в автоматизированных системах контроля загрязнений окружающей среды. Проведен анализ методики наблюдений за распространением концентраций с помощью анализа временных рядов, построения интегрального показателя загрязнения атмосферы, построения математической модели переноса и рассеивания воздушным потоком отработанных газов автотранспорта над территорией городского квартала. Обоснована целесообразность применения имитационного моделирования к решению поставленной задачи.

Ключевые слова: численное моделирование, автоматизированные системы контроля загрязнения окружающей среды, показатели загрязнения, интегральный показатель, имитационное моделирование.

Введение

Антропогенное загрязнение атмосферы составляет лишь 0,5% от общего загрязнения природными явлениями (пыльные бури, извержение вулканов, лесные пожары и т. д.). Тем не менее, именно этот тип загрязнения имеет наибольшее негативное воздействие на многие живые организмы, на материальные ценности и, конечно, на самого человека, способствуя развитию многих хронических заболеваний. Следует иметь в виду, что в результате переноса вредных примесей потоками воздушных масс происходит трансграничное загрязнение воздушного бассейна. Поэтому загрязненность атмосферного воздуха — проблема планетарная. Высокая концентрация оксида серы в соединении с другими органическими веществами является причиной выпадения кислотных дождей и деградации окружающей среды на большой территории.

Объектами статистического наблюдения техногенного воздействия на атмосферный воздух являются выделения стационарными источниками вредных веществ, загрязняющих воздух, их обезвреживание, улавливание и дальнейшая утилизация. Загрязнение атмосферы природными явлениями не охватывается статистическим наблюдением. Согласно законодательству Украины [1] атмосферный воздух, как природный ресурс, используется в следующих формах: как природный резервуар для выбросов загрязняющих веществ; как сырье в процессе выделения и присвоения ресурсов атмосферного воздуха; как пространственно-территориальный базис (например, для воздушного транспорта); в про-

цессе общего природопользования, как природное условие для жизнеобеспечения. Самостоятельной формой использования атмосферного воздуха можно считать осуществление деятельности, связанной с искусственным изменением природной среды (влияние на погоду, климат) и др. [2].

Борьба с загрязнением воздушного пространства (ЗВП) в промышленных районах, городах и на промышленных площадках заводов, фабрик и ТЭС представляет сложную научно-техническую задачу, основой для решения которой является наличие надежных методов и средств контроля и прогнозирования качества воздушной среды.

1. Постановка задачи исследования

При решении комплекса перечисленных вопросов пользуются термином «мониторинг атмосферы», в который включают анализ, контроль, прогноз основных параметров состояния и управление качественным составом атмосферы. Наиболее сложным и трудоемким вопросом является создание эффективных средств и методов контроля загрязнения воздушной среды современного промышленного города, содержащей множество веществ, в том числе — вредных, с постоянно меняющейся концентрацией.

Все методы и средства анализа состава атмосферного воздуха можно разделить на четыре группы: 1) аналитические методы лабораторного анализа воздуха; 2) автоматические приборы для определения концентрации загрязняющих атмосферу веществ; 3) автоматизированные системы контроля загрязнения окружающей среды (АСКЗ); 4) дистанци-

онная лазерная локация загрязнения атмосферы. В зависимости от характера и объема задач, решаемых автоматизированными системами контроля окружающей среды, их можно разделить на пять типов: промышленные, городские, региональные, общегосударственные и глобальные.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух характеризуются по агрегатному состоянию (жидкие, твердые, газообразные) и по важнейшим ингредиентам (сернистый ангидрид, окислы азота, окиси углерода и летучие органические соединения) [3]. Атмосферный воздух загрязняется путём привнесения в него или образования в нём загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих нормативные. Система наблюдения, контроля, прогнозирования и управления качественным состоянием атмосферного воздуха получила наименование атмосферного мониторинга.

Информация о загрязнении атмосферы используется для осуществления дорогостоящих мероприятий по снижению выбросов, и, следовательно, должны предъявляться высокие требования к ее достоверности, объективности и эффективности методов контроля. Совершенствование системы наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха осуществляется путем автоматизации измерений загрязняющих веществ, обработки, анализа и хранения получаемой информации. Формулируются задачи контроля загрязнения на основе теории диффузии с широким использованием статистических методов.

Функциональные задачи автоматизации проведения контроля загрязнения атмосферы состоят в следующем:

- оперативный контроль загрязнения с целью выявления экстремальных ситуаций;
- оперативный и краткосрочный прогноз;
- восстановление информации;
- выявление причин повышения предельно допустимых загрязнений и т.п.

Автоматизированные системы реализуют эффективность, повышение точности и объема информации. При этом открываются возможности повышения эффективности наблюдений за счет оптимизации построения системы сбора и обработки данных, базирующейся на методах теории измерительных систем. Очевидно, такой подход требует детального изучения статистических исследуемых процессов, особенно в высокочастотной области.

Несмотря на использование АСКЗ в сети наблюдений, динамические особенности временных рядов концентраций загрязняющих веществ, полученных с их помощью, изучены недостаточно, недостаточно исследованы вопросы анализа погрешностей измерений, их коррекции и оптимизации системы автоматизированного контроля в целом. В

настоящее время автоматизированные системы контроля загрязнения атмосферы выдают большой объем избыточной информации, которая не используется ни потребителем, ни в самой системе, однако затраты на ее эксплуатацию велики. Целый ряд вопросов построения и оптимизации систем контроля загрязнения атмосферы пока не решен. Необходимо обоснование выбора следующих параметров:

- необходимый объем данных;
- точность измерений;
- дискретизация по времени и пространству;
- быстродействие измерительных средств;
- время осреднения измерений и др.

Объем, точность измерений и результатов обработки, должны быть связаны со стандартами качества воздушного пространства. Оптимизация структуры, алгоритмов и технических средств систем должна исходить из критерия максимального достижения соответствующей цели, т.е. должна быть обоснована конкретной решаемой задачей: прогноз, оценка уровня загрязнения, выявление виновника повышенного загрязнения и др.

Целью работы является анализ численного моделирования ЗВП и ее использование для решения задачи оптимизации контроля загрязнения с использованием автоматизированных систем контроля загрязнений окружающей среды.

В соответствии с целью исследований были применены следующие методы исследования. Указанная проблема решалась методом статистического анализа временных рядов с использованием теории автоматического регулирования и теории измерений. Анализировались временные ряды, полученные в результате наблюдений. Для исследования движения воздушных масс, переноса и рассеяния отработанных газов автотранспорта применялись такие элементы математического аппарата как численные методы решения системы дифференциальных уравнений, приближение Буассинеска, диффузионное приближение.

2. Построение интегрального показателя загрязнения

Рассмотрим модуль, встроенный в приложение ArcGIS Desktop ArcMap [4]. Данный модуль рассчитывает в каждой точке мониторинга интегральный показатель загрязнения по измеренным данным содержания ЗВП в компонентах окружающей среды. Расчет производится для каждой точки в отдельности, а не для общей территории. Это позволяет представить расчетные данные на карте и построить интерполяционную карту загрязнения компонентов окружающей среды на основе интегрального показателя, а в дальнейшем используя инструментальный ArcMap и комплексную оценку по всем показателям.

Интегральный показатель загрязнения окружающей среды (D) рассчитывается по формуле

$$D = d_b + d_n + d_a,$$

где D – интегральный показатель загрязнения,

d_b – суммарный показатель загрязнения воды,

d_n – суммарный показатель загрязнения почвы,

d_a – суммарный показатель загрязнения воздуха.

Суммарные показатели загрязнения объектов окружающей среды (воды, почв, атмосферного воздуха) определяются по формуле:

$$d_b = 1 + \sum \alpha + \Delta d_i,$$

где α – коэффициент изоэффективности зависящий от класса опасности ЗВП,

Δd_i – изменение уровня загрязнения i -м веществом компонентов окружающей среды, который рассчитывается по формуле:

$$d_i = \frac{c_i}{\text{ПДК}_i},$$

где c_i – усредненные значения концентрации i -го загрязняющего вещества за определенный период времени в соответствующих средах (воздух, вода, почвы),

ПДК_i – предельно допустимые концентрации i -го загрязняющего вещества.

Окончательная оценка загрязнения делится на две характеристики:

Уровень загрязнения объектов окружающей среды:

– допустимый ($D \leq 3$; $d_b \leq 1$; $d_n \leq 1$; $d_a \leq 1$);

– слабый ($3 < D \leq 5$; $1 < d_b \leq 3$; $1 < d_n \leq 3$; $1 < d_a \leq 3$);

– умеренный ($5 < D \leq 15$; $3 < d_b \leq 10$; $3 < d_n \leq 10$; $3 < d_a \leq 10$);

– высокий ($10 < D \leq 45$; $10 < d_b \leq 25$; $10 < d_n \leq 25$; $10 < d_a \leq 25$);

– очень высокий ($45 < D \leq 100$; $25 < d_b \leq 100$; $25 < d_n \leq 50$; $25 < d_a \leq 50$);

– чрезвычайно высокий ($D > 100$; $d_b > 100$; $d_n > 50$; $d_a > 50$).

Степень опасности загрязнения среды:

– безопасная ($D \leq 3$) – угроза состоянию здоровья людей не отмечается;

– мало опасная ($3 < D \leq 5$) – среда вызывает минимальные физиологические сдвиги в организме и начальные проявления специфических заболеваний;

– умеренно опасная ($5 < D \leq 15$) – среда приводит к выраженным физиологическим сдвигам и появлению заболеваний;

– опасная ($15 < D \leq 45$) – среда создает условия для развития повышенной заболеваемости по от-

дельным группам болезней;

– зона чрезвычайной экологической ситуации ($45 < D \leq 100$) – наблюдается увеличение перинатальной, младенческой и детской смертности, частоты врожденных пороков развития в 1,3–1,5 раза и увеличение заболеваемости детей и взрослых онкологическими заболеваниями в 1,5–2,0 раза по сравнению с контрольными территориями;

– зона экологического бедствия ($D > 100$) – перечисленные выше изменения в состоянии здоровья населения усиливаются в 1,5; 2,0 раза и более, при этом отмечаются иммунологические и генетические сдвиги в организме.

Этот подход с картографическим представлением интегральных показателей загрязнения дает более точную картину состояния окружающей среды и позволит эффективнее анализировать данные мониторинга.

3. Численное моделирование переноса рассеяния воздушным потоком отработанных газов

Для описания поля концентрации отработанных газов автомобилей в атмосферном воздухе городского квартала используется система дифференциальных уравнений Эйлера (неразрывности, движения, энергии и состояния) в частных производных с соответствующими краевыми условиями [5]. Численное решение базируется на методе крупных частиц (методе Давыдова). Вычислительный эксперимент позволил определить распределение основных газодинамических характеристик потока газозооной смеси и распределение концентрации угарного газа, входящего в состав отработанных газов, в сложной пространственной области.

Выбрасываемый подвижными точечными источниками газ смешивается с воздухом, и полученная газозооная смесь, увлекаемая воздушными потоками, переносится между зданиями и сооружениями. При этом следует учесть, что на перенос и рассеяние газовой примеси оказывает влияние ее плотность и тот факт, что выбрасываемые автомобилем отработанные газы имеют более высокую температуру (и, как следствие, более низкую плотность относительно атмосферного воздуха), что обеспечивает подъем газовой примеси в воздушном потоке за счет положительной плавучести отработанного газа. В то же время большинство газов, входящих в состав выхлопных, обладают удельным весом, превышающим удельный вес воздуха. Вследствие этого за счет отрицательной плавучести остывающая газовая примесь концентрируется в нижних слоях воздушного потока [6]. Для учета указанного фактора используется приближение Буссинеска, согласно которому при малой

концентрации C и малом отклонении температуры T газовой примеси от среднего значения температуры воздушного потока применяется разложение функции плотности газовой смеси ρ в ряд Тейлора:

$$\rho(C, T) = \rho(C_0, T_0) + \frac{\partial \rho(C_0, T_0)}{\partial C}(C - C_0) + \frac{\partial \rho(C_0, T_0)}{\partial T}(T - T_0) = \rho_0 + \alpha C + \beta(T - T_0), \quad (1)$$

где $C_0 = 0$, ρ_0 , T_0 — начальные концентрация, плотность и температура газовой смеси;

$\alpha = \partial \rho(C_0, T_0) / \partial C$ — концентрационный коэффициент плотности,

$\beta = \partial \rho(C_0, T_0) / \partial T$ — температурный коэффициент объемного расширения газа.

С учетом этого математическая модель переноса и рассеяния воздушным потоком обработанных газов автомобильного транспорта в сложной пространственной области включает в себя систему дифференциальных уравнений [7]:

— неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \Delta \cdot (\rho V) = m \delta(r_S), \quad (2)$$

— движения

$$\frac{\partial (\rho V)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V V) + \nabla p = g[\alpha C + \beta(T - T_0)] + m V_m \delta(r_S), \quad (3)$$

— полной удельной энергии

$$\frac{\partial (\rho U)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U V) + \nabla \cdot (\rho V) p = -\nabla \cdot (P_g V) + e \delta(r_S), \quad (4)$$

— состояния

$$\rho(k-1)(U - VV/2) - p = P_g, \quad (5)$$

где V — вектор скорости воздушного потока;

r_S — радиус-вектор положения точечного источника;

g — ускорение свободного падения;

U — полная удельная энергия газовой смеси;

P_g — гидростатическое давление в воздушном потоке;

p — отклонение действительного атмосферного давления от гидростатического;

k — показатель адиабаты;

e — мощность точечного источника;

m — массовый расход обработанного газа, имеющего скорость V_m ;

$\delta()$ — дельта-функция Дирака.

Для исследования концентрации отдельных компонентов газовой смеси система уравнений (2)-(5) дополняется уравнением концентрации,

записанным в диффузионном приближении:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot (CV) = \nabla \cdot (\lambda \nabla C) + q \delta(r_S), \quad (6)$$

где q — интенсивность поступления газовой примеси из источника;

λ — коэффициент диффузии примеси.

Построение разрешающих соотношений для численного решения системы дифференциальных уравнений (2)-(6) осуществляется на основе метода Давыдова (метода крупных частиц [8]). В разработанном на их базе комплексе программ [9] применяется технология параллельного программирования OpenMP. Комплекс прошел верификацию на точных решениях задач исследования движения потока сжимаемого вязкого нетеплопроводного газа [10] и переноса и рассеяния газовой примеси от подвижного точечного источника [11].

Таким образом, математическая модель, базирующаяся на системе уравнений Эйлера, дополненной уравнением концентрации (диффузионное приближение), учитывает случайный характер появления автотранспорта на границах рассматриваемого квартала, а также режимы работы светофоров. Транспортные потоки описываются случайным пуассоновским процессом. Вычислительная модель, включает перенос и рассеяние газовой примеси (на примере угарного газа) в сложной пространственной области, содержащей здания, сооружения и транспортные магистрали квартала современного города, позволяет определить поля основных газодинамических характеристик потока газовой смеси и распределение концентрации газовой примеси.

Для компьютерной реализации используется алгоритм метода Давыдова (крупных частиц). Верификация программного комплекса осуществлялась на точных решениях задач движения потока сжимаемого вязкого нетеплопроводного газа, переноса и рассеяния газовой примеси от подвижного точечного источника.

4. Стохастические модели динамики процессов ЗВП

В целом процесс загрязнения воздушного пространства можно представить в виде суммы составляющих различного временного масштаба. Спектральный анализ временных рядов позволяет выявить несущие частоты этих составляющих — недели, сутки, а также возможно наличие составляющей более низкой периодичности — часы. Основная мощность спектра процессов ЗВП сосредоточена в области низких частот, поэтому выделение интересующей нас высокочастотной составляющей процесса представляет собой сложную задачу исключения тренда, для чего можно использовать высо-

кочастотную фильтрацию [12]. Анализ статистических характеристик процессов загрязнения атмосферы показал, что для описания составляющих процесса различного временного масштаба могут быть использованы одни и те же характеристики, но различной степени сглаживания: минутные – для высокочастотной составляющей процесса; среднесуточные – для составляющей масштаба, отражающего суточную изменчивость; месячные – для составляющей мезомасштаба, отражающего характерные для данного поста наблюдения и сезона.

Для описания динамики процесса загрязнения проведен анализ автокорреляционных функций составляющих процесса и их аппроксимация типовыми выражениями вида [13]:

$$\rho_1 = \sum_{i=1}^k e^{-\alpha_i \tau}; \quad \rho_2 = \sum_{i=1}^k e^{-\alpha_i \tau} \cos \beta_i \tau,$$

где параметр α определяет связанность процесса,

параметр β определяется характерным периодом изменчивости процесса и является несущей частотой данной i -ой составляющей процесса.

Параметры аппроксимации автокорреляционной функции (α , β) позволяют описать характерные для данного поста, сезона, вида примеси особенности динамики процесса загрязнения.

На основе критического просмотра параметрических моделей временных рядов концентраций, отражающих их динамические особенности, можно выбрать модель «авторегрессия - скользящее среднее». Аппроксимация автокорреляционной функции позволяет упростить процедуру оценивания коэффициентов модели [14]. Согласно принятой модели формирование временного ряда с заданными динамическими свойствами проводится на основе рекуррентного выражения:

$$x_{k+1} = A \Delta x_k + B \Delta U_{k+1},$$

где ΔU_{k+1} – белый шум с заданным законом распределения.

Заключение

Динамика изменения состава отравляющих (негативных) веществ в период мониторинга воздушного пространства дает возможность прогнозирования дальнейшего характера распространения на основе переноса и рассеивания вредных веществ. При построении автоматизированной системы измерения загрязнения окружающей среды эффективно использовать данные мониторинга при построении интегрального показателя.

Численная модель переноса и рассеивания воздушным потоком отработанных газов может быть использована для создания инструментария, пригодного для объективного и обоснованного принятия решений по рационализации транспортных по-

токов, реконструкции дорог, проектированию и строительству новых транспортных магистралей с целью снижения техногенной нагрузки на атмосферный воздух городской территории.

Целесообразно применять имитационное моделирование в автоматизированных системах измерения загрязнения окружающей среды согласно следующих причин:

- решение поставленной задачи аналитическими методами крайне сложно;
- кроме получения средних значений выходных переменных необходимо наблюдение за их изменением в течение некоторого промежутка времени;
- с помощью метода имитационного моделирования могут быть построены модели, отражающие большую совокупность элементов рассматриваемой системы;
- имитационное моделирование свободно от ограничений, присущих аналитическим методам;
- на имитационной модели можно провести эксперименты, которые на реальном объекте по ряду причин провести невозможно;
- имитационное моделирование позволяет проводить долговременные эксперименты путем сжатия временной шкалы;
- имитация поведения вредных примесей в воздушном пространстве дает представление о том, какие переменные системы наиболее существенны и как они взаимодействуют.

Литература

1. *Экологическое право Украины [Текст] : учеб. пособие / Под ред. А. П. Гетьмана. – Х. : ООО «Одиссей», 2007. – 464 с.*
2. *Атмосферный воздух как объект охраны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo-znanie.ru/ekolog-pravo/380-atmosfernyj-vozdukh-kak-ob-ekt-okhrany.html>. – 20.11.2013.*
3. *Охрана окружающей природной среды [Текст] : учеб. пособие / под ред. Г. В. Дуганова. – Киев : Выща школа, 1988. – 304 с.*
4. *Шкурычев, Д. С. Автоматизация оценки загрязнения окружающей среды на нефтегазовых месторождениях с использованием ГИС-технологий [Текст] / Д. С. Шкурычев, А. В. Иргалеев // Геоматика. – 2011. – № 1. – С. 32-40.*
5. *Бояришинов, М. Г. Вычислительное моделирование переноса и рассеивания воздушным потоком отработанных газов автотранспорта над территорией городского квартала [Текст] / М. Г. Бояришинов, Д. С. Балабанов // Вычислительная механика сплошных сред. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 13-20.*
6. *Филиппов, И. Г. О рассеянии примеси в приземном слое атмосферы [Текст] / И. Г. Филиппов, В. Г. Горский, Т. Н. Швецова-Шиловская // Теор. основы хим. технол. – 1995. – Т. 29, № 5. – С. 517-521.*

7. Бояришинов, М. Г. Перенос и рассеяние воздушным потоком тяжелого нагретого газа [Текст] / М. Г. Бояришинов, А. В. Харченко, Д. С. Балабанов // Вестник ИжГТУ. – 2011. – № 2. – С. 206-211.

8. Численное исследование актуальных проблем машиностроения и механики сплошных и сыпучих сред методом крупных частиц [Текст] : в 5 томах / Под. ред. Ю. М. Давыдова. – М. : Национальная академия прикладных наук, 1995. – 1658 с.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615085, Российская федерация. Вычислительное моделирование движения нетеплопроводного сжимаемого газа, генерируемого точечным источником [Текст] / М. Г. Бояришинов, Д. С. Балабанов; правообладатель ГОУВПО ПГТУ. – № 2011613493; дата поступл. 12.05.2011; дата регистр. 29.06.2011.

10. Бояришинов, М. Г. Вычислительное моделирование движения сжимаемой среды, генерируемой точечным источником [Текст] / М. Г. Бояришинов, Д. С. Балабанов // Вычисл. мех. сплош. сред. – 2010. – Т. 3, № 3. – С. 18-32.

11. Бояришинов, М. Г. Распределение концентрации выхлопных газов вблизи автотрассы со случайным потоком автомобилей [Текст] / М. Г. Бояришинов // Инж.-физич. журнал. – 2006. – Т. 79, № 6. – С. 128-140.

12. Ануфриев, В. И. Оценка погрешности измерительных каналов автоматизированной системы контроля загрязнения воздуха [Текст] / В. И. Ануфриев, Е. В. Ковачева // Труды ГГО. – 1979. – Вып. 421. – С. 88-93.

13. Красов, В. И. Исследование временной изменчивости концентраций оксидов азота и оксида углерода в атмосфере, изморенных автоматическими газоанализаторами [Текст] / В. И. Красов, Е. В. Ковачева // Труды ГГО. – 1989. – Вып. 621. – С. 68-74.

14. Ковачева, Е. В. Анализ методической погрешности измерения концентрации загрязняющих веществ автоматическими газоанализаторами [Текст] / Е. В. Ковачева // Труды ГГО. – 1989. – Вып. 521. – С. 75-81.

Поступила в редакцию 12.03.2014, рассмотрена на редколлегии 19.05.2014

Рецензент: д-р с.-х. наук, доц., зав. кафедрой геодезии, картографии и геоинформатики, А. Б. Ачасов, Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

В. М. Дьоміна, К. С. Кірічек

Розглянуто чисельні моделі, що описують процес забруднення повітряного простору, які застосовуються в автоматизованих системах виміру забруднення оточуючого середовища. Проведено аналіз методики спостережень за розповсюдженням концентрацій шкідливих речовин за допомогою аналізу часових рядів, побудови інтегрального показника забруднення атмосфери, побудови математичної моделі переносу та розпорощування повітряним потоком відпрацьованих вихлопів автотранспорту над територією міського кварталу. Обґрунтовано доцільність застосування імітаційного моделювання до розв'язання поставленої задачі.

Ключові слова: чисельне моделювання, автоматизовані системи контролю забруднення оточуючого середовища, показники забруднення, інтегральний показник, імітаційне моделювання.

NUMERICAL MODELLING OF AIR POLLUTION IN AUTOMATIZED SYSTEMS OF MEASURING CONTROL SYSTEMS OF ENVIRONMENT CONTAMINATION

V. M. Dyomina, K. S. Kirichek

Numerical models that describe the process of air pollution are examined. They are used in atomized systems of environment pollution measuring. The analysis of the observation method for spreading of concentration with the help of temporal rows, the construction of atmosphere pollution integral index is examined. The construction of mathematical model transfer and disperse by the air flow discharged gas of motor transport over the city block of flats territory is examined. Advisability of using of imitation modeling to the solution of supply task is well grounded.

Key words: numeral models, automatized systems of measuring control systems of environment contamination, integral index, air pollution, imitation modeling.

Демина Виктория Михайловна – канд. техн. наук, доц., доц. каф. экономической кибернетики, Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева, Украина, e-mail: vvdemina@mail.ru.

Киричек Карина Сергеевна – студент факультета агрохимии и почвоведения, специальность «Экология, охрана окружающей среды и сбалансированное природопользование», Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева, Украина.