

## **ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕНОСА ПРИМЕСЕЙ НАД ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Павлий В.А., Аверин Г.В.

Донецкий национальный технический университет

*Рассмотрены основные подходы, принятые при создании математических и компьютерных моделей, описывающих процессы турбулентного переноса примесей над территориально-распределенными объектами. Сформулированы принципы построения аналитико-стохастических моделей, использующих базы данных загрязнения атмосферы, созданные субъектами мониторинга.*

В настоящее время на Украине особое внимание уделяется проблемам оценки экологической обстановки, связанной с загрязнением атмосферы. В прогнозных задачах экологического мониторинга атмосферы используются динамические модели, которые позволяют с той или иной степенью достоверности оценивать процесс распространения загрязняющих примесей в атмосферном воздухе территориально-распределенного объекта. Успешное решение задач данного типа позволяет определить допустимый уровень загрязнений, а также произвести оценку изменения фоновых концентраций загрязняющих веществ, применение математических и компьютерных моделей является сегодня достаточно актуальным направлением в решении задач экологической безопасности.

Сегодня для решения прогнозных задач в области мониторинга атмосферы применяются, в основном, компьютерные модели, которые реализованы в различных информационно-аналитических программных комплексах. Среди них можно выделить многослойные модели, такие как United Kingdom Photochemical Trajectory Model (NETCEN, 1995), AIPOC (NTUA, 1997) и другие, а также однослойные модели BUO-FMI (FMI, 1997), Zone (ЛенЭкоСофт, 2000) и др. [1, 170-171]. Особое внимание следует обратить на систему моделирования CALPUFF (Lakes, 2003), которая является лидером в решении задач указанного типа и объединяет в себе три компьютерные модели: CalMet, CalPuff и CalPost. Первая

представляет собой трехмерную метеорологическую модель, учитывающую закономерности изменения погодных условий, температуры и ветра, вторая модель описывает перемещения Лагранжа-Гаусса для сложных территорий, третья модель используется для постобработки данных и вывода результатов.

Во многих математических и компьютерных моделях, используемых сегодня, не учитываются рельефные особенности местности, а также топология расположенных на этой местности различных объектов. Учет этого фактора актуален, когда речь идет о прогнозировании распространений примесей на малых высотах в промышленных районах. В других моделях требуется ввод большого количества исходных данных, многие из которых обладают значительной неопределенностью и стохастичностью.

Все существующие модели основаны на методах турбулентного массопереноса и гидродинамики. Они используют уравнения Навье – Стокса совместно с уравнениями диффузии тепла и массы, которые представляются в виде краевых задач и описываются сложными системами дифференциальных уравнений в частных производных. Метод решения такого класса задач – преимущественно численный [3].

Возможно упрощение данного класса моделей в случае, если будут установлены системные закономерности распространения примесей над конкретными территориально-распределенными объектами. Сегодня крупный промышленный город имеет 5-10 постов контроля качества атмосферы, на которых производятся систематические измерения параметров атмосферного воздуха. В каждом городе имеется также метеорологический пост для контроля погодных условий, температуры, скорости и направления ветра и т.д.

Данные мониторинга в течение последних 10-ти лет накапливаются в электронных базах данных. Объемы данных достигают нескольких миллионов измерений. Такой объем данных позволяет использовать системные методы “добычи” новых знаний о формировании процессов загрязнения. В этом плане интересны методы нейросетевого анализа данных, изучение закономерностей методами анализа временных рядов, методы структурного и спектрального анализа данных и т.д.

Формально до этапа моделирования следует изучить системные закономерности и сформировать гипотезы, которые позволят существенно упростить исходные аналитические уравнения гидродинамики и массопереноса. Упрощение, с одной стороны, позволит ускорить процесс моделирования и уменьшить количество

входных данных (которых в существующих моделях насчитывается до нескольких сотен), а с другой – выполнить привязку модели к указанному объекту. При этом адаптация модели к другому объекту должна сводиться к повторному изучению типовых закономерностей или формированию новых гипотез.

После упрощения и получения решений необходима компьютерная реализация разработанной модели. На следующем этапе должна быть выполнена идентификация моделей по имеющимся данным.

То, что такие системные закономерности могут быть обнаружены, показывает анализ изменения среднесуточных концентраций примесей, выполненный по существующей базе данных экологического мониторинга Донецко-Макеевского региона. Они должны быть положены в основу построения модели.

Для анализа закономерностей распространения загрязняющих веществ удобнее всего использовать нейросетевой подход, суть которого заключается в создании нейронной сети и ее последующем обучении на основе имеющихся данных [2]. Преимущества использования именно этого подхода заключаются в гибкости архитектуры разрабатываемой модели, а также в способности нейросетевых моделей работать в условиях, когда заданы не все входные данные. Нейронная сеть, способная реализовать указанную задачу, должна иметь архитектуру многослойного персептрона, в которую могут быть заложены базовые решения задачи, причем передаточные функции отдельных нейронов модели могут представлять собой дифференциальные уравнения краевых задач диффузии переноса тепла и массы.

Использование эффективных методов, учитывающих территориальные особенности конкретной местности и специфику процессов переноса, позволит выполнить прогнозирование с достаточным уровнем достоверности и даст возможность провести оценку уровня загрязнения и времени распространения примесей. Применение информационно-аналитических комплексов нового технического уровня позволит оперативно принимать соответствующие меры по снижению уровня загрязнения ОПС при техногенных воздействиях.

**Литература:**

- 1.Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.:НИИ ЭЧ и ГОС, 2002 – 408с.
- 2.Боровиков В. STATISTICA для профессионалов. СПб.: Питер. 2001. – 655с.
- 3.Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей/под ред. Ф.Т.М.Ньистадта и Х. Ван Допа, 1985, Гидрометеиздат – 352с.