



2-rasm. Kvantni qo‘llash natijalari

Ushbu maqolada tasvirdagi shovqinlarni bartaraf etish uchun kvant hisoblashlarni qo‘llash tadqiq qilindi. Shovqinlar kvant tizimining o‘lchovlarida muhim xatolarga olib kelishi mumkin, bu esa hisoblash jarayonini noaniq qiladi. Biroq, shovqinli natijalarni mitigatsiya qilish texnikasi yordamida bu xatolarni kamaytirish va aniqlikni oshirish mumkin.

Kvant sxemasi va shovqinni modellashirish orqali olingan natijalar tasvirlar yordamida ko‘rsatilgan. Bunda shovqinli va mitigatsiya qilingan natijalar taqqoslanganda mitigatsiya texnikasini samarador ekanligi aniqlandi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Muhamediyeva, D. T., Mamatov, N. S., Niyozmatova, N. A., Sobirov, R. A., & Samijonov, A. N. (2024, July). Quantum methods of image analysis and processing in the frequency domain. In *Third International Conference on Digital Technologies, Optics, and Materials Science (DTIEE 2024)* (Vol. 13217, pp. 158-165). SPIE.

2. Mamatov, N. S., Jalelova, M. M., Samijonov, A. N., & Samijonov, B. N. (2025). A method for removing mixed noise in images. In *Artificial Intelligence and Information Technologies* (pp. 489-495). CRC Press.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ И АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Равшанов Нормакмад

советник директора по науке НИИ развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, д.т.н., профессор

Таштемирова Надира Нематиллаевна

докторант НИИ развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, PhD
nodira3110@mail.ru

Аннотация: В работе представлена математическая модель, и результаты проведенных численных расчетов, предназначенные для анализа и прогнозирования распространения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Модель учитывает динамику уменьшения концентрации загрязнителей за счет их естественного разложения и фотохимической трансформации, влияние изменений розы ветров и топографии местности, изменение коэффициентов диффузии и турбулентного перемешивания в зависимости от стабильности атмосферной стратификации. Высокая точность и устойчивость результатов обеспечивается за счет использования полунейвной конечно-разностной схемы и метода «прямых» для решения поставленных задач.

Ключевые слова: математическая модель, скорость, направление ветра, скорость прилипания, метод «прямых», полу неявная конечно-разностная схема.

NUMERICAL STUDY OF THE PROPAGATION OF DUST AND AEROSOL PARTICLES IN THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER

Annotation: The paper presents a mathematical model and the results of numerical calculations designed to analyze and predict the distribution of pollutants in the atmospheric surface layer. The model accounts for the dynamics of pollutant concentration reduction due to their natural decomposition and photochemical transformation, the influence of changes in wind patterns and terrain topography, and variations in diffusion and turbulent mixing coefficients depending on the stability of atmospheric stratification. High accuracy and stability of results are achieved through the use of a semi-implicit finite-difference scheme and the method of lines for solving the specified problems.

Keywords: mathematical model, wind speed, wind direction, adhesion rate, method of lines, semi-implicit finite-difference scheme.

ATMOSFERANING CHEGARA QATLAMIDA CHANG VA AEROZOL ZARRACHALARINING TARQALISH JARAYONINI SONLI TADQIQ ETISH

Annotatsiya: Ushbu ishda atmosferaning yerga yaqin qatlamida ifloslantiruvchi moddalarning tarqalishini tahlil qilish va bashorat qilish uchun mo'ljallangan matematik model hamda o'tkazilgan sonli hisob-kitoblar natijalari taqdim etilgan. Model ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining ularning tabiiy parchalanishi va fotokimyoviy o'zgarishi hisobiga kamayish jarayonini, shamol yo'nalishlarining o'zgarishi va hududning relyefi ta'sirini, shuningdek, atmosfera qatlamlanishining barqarorligiga qarab diffuziya va turbulent aralashish koeffitsiyentlarining o'zgarishini hisobga oladi. Qo'yilgan masalalarni yechish uchun yarim yashirin chekli ayirmalar sxemasi va "to'g'ri chiziqlar" usulini qo'llash orqali natijalarning yuqori aniqligi va barqarorligi ta'minlanadi.

Kalit so'zlar: matematik model, shamol tezligi va yo'nalishi, yopishqoqlik tezligi, "to'g'ri chiziqlar" usuli, yarim oshkormas chekli ayirmalar sxemasi.

Введение. Как показывает практика, строительство и эксплуатация промышленных объектов без учета санитарных норм может приводить к серьезным экологическим проблемам, включая загрязнение атмосферы и нарушение экологического баланса в регионе. В работе рассматривается применение математического моделирования для прогнозирования распределения загрязняющих веществ, что позволяет более точно оценивать потенциальные риски для экосистемы и здоровья населения. Моделирование учитывает множество факторов, включая метеорологические условия и гидродинамические особенности местности, что делает возможным создание высокоэффективных программ и алгоритмов для расчета распространения загрязнений. Эффективное решение этих задач способствует не только защите окружающей среды, но и формированию нового научного подхода в исследовании экологических процессов [1, 26; 2, 64].

Для анализа и прогнозирования распространения аэрозольных выбросов в атмосферу была разработана математическая модель и численный алгоритм, где особое внимание в модели уделяется процессам уменьшения концентрации загрязнителей за счет их химического разложения и фотохимических реакций, что позволяет более точно предсказывать динамику и последствия атмосферных выбросов [3, 36]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta}{\partial z} + (\sigma + \alpha + \Phi_r) \theta = \\ = \mu \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa(z) \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + Q \end{aligned} \quad (1)$$

с начальными и краевыми условиями:

$$\theta(x, y, z, 0) = \theta_0(x, y, z), \quad n_{put} = 0; \quad (2)$$

$$\begin{cases} u \frac{\partial \theta}{\partial x} = \eta_1(\theta - \theta_v); \text{ при } x=0, \\ -u \frac{\partial \theta}{\partial x} = \eta_2(\theta - \theta_v); \text{ при } x=L_x, \end{cases} \quad (3) \quad \begin{cases} v \frac{\partial \theta}{\partial y} = \eta_3(\theta - \theta_v); \text{ при } y=0, \\ -v \frac{\partial \theta}{\partial y} = \eta_4(\theta - \theta_v); \text{ при } y=L_y, \end{cases} \quad (4)$$

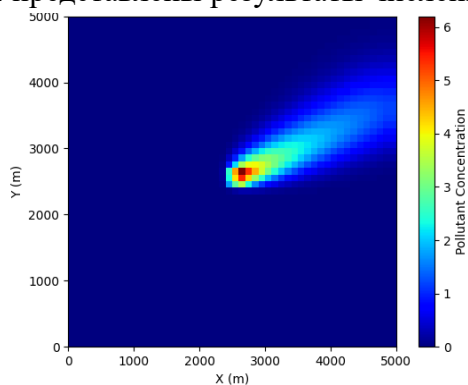
$$\kappa(z) \frac{\partial \theta}{\partial n} = -\varpi_g \sin \zeta \theta + \beta \theta - f_0; \quad \text{на } G_{pz}, \quad (5)$$

$$\kappa(z) \frac{\partial \theta(x, y, z, t)}{\partial z} = 0; \quad \text{на } L_z, \quad (6)$$

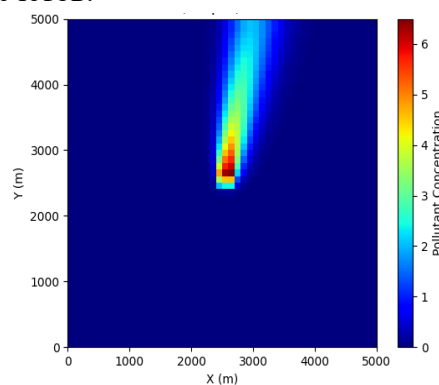
которая решается в области $D = (0 < x < L_x; 0 < y < L_y; 0 < z < L_z; t > 0)$. Здесь $\theta(x, y, z, t)$ - количество распространяющегося вещества, t - время, x, y, z - координаты, u, v, w - составляющие скорости ветра по направлениям x, y, z соответственно, w_g - скорость осаднения частицы, ϖ_g - скорости прилипания частиц на поверхности земли, κ - коэффициент турбулентного перемешивания, μ - коэффициент диффузии, α, σ - соответственно коэффициент захвата частиц растительностями и поглощения в атмосфере за счет влаги, ζ - угол наклона поверхности земли, $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ - параметры для приведение граничных условий в размерный вид, β - коэффициент взаимодействия с подстилающей поверхностью, $Q(x, y, z, t)$ - суммарная мощность источников, $f_0(x, y, z, t)$ - количество аэрозольных частиц отрывающиеся от шероховатости земной поверхности в результате роста скоростей воздушной массы атмосферы на шероховатую поверхность земли, Φ_r - убыль концентрации загрязняющих веществ в атмосфере за счет разложения и фотохимической трансформации.

Решение данной задачи получено с помощью полу неявной схемы, которое представлено в работе [4, 62-69].

Вычислительные эксперименты были проведены для достоверности математической модели с помощью программного средства Python. Область решения задачи рассматривалась в прямоугольном виде с размерами $x=5000, y=5000, L=1000$ м. На рис. 1-2 представлены результаты численных расчетов.



а)



б)

Рис.1. Изменение концентрации вредных частиц со временем: при направлении ветра а) 40° и б) 86° , $u=8$ м/с, $v=4$ м/с, $w=0,8$ м/с

Из результатов анализа временной динамики распространения загрязняющих веществ следует, что с течением времени загрязнители активно рассеиваются и зона их распространения значительно увеличивается. Влияние направления ветра на распределение загрязнений особенно заметно, при этом изменения концентрации и формы зоны загрязнения во времени показывают, как турбулентность и вертикальные потоки воздуха способствуют более быстрому рассеиванию частиц. Эти наблюдения подчеркивают важность учета метеорологических условий при моделировании и прогнозировании воздействия промышленных выбросов на атмосферу.

Разработанная математическая модель и численный алгоритм представляют собой эффективные инструменты для анализа и прогнозирования распространения загрязнителей в атмосфере. Эти инструменты учитывают различные факторы, такие как взаимодействие загрязняющих веществ с растительностью, изменения атмосферных условий и турбулентности, что позволяет детализированно моделировать динамику загрязнений. Полученные результаты помогают формировать научную основу для разработки новых подходов к управлению экологическими рисками, связанными с промышленными выбросами, и способствуют оптимизации размещения промышленных объектов в регионе, предотвращая экологические и чрезвычайные ситуации.

Список литературы

1. Михайлюта С.В., Леженин А.А., Тасейко О.В., Битехтина М.А. Экологическая индустрия: ветровые потоки в городской застройке Красноярска // Инженерная экология. 2012. №3. С. 26-37.
2. Локощенко, М.А., Еланский, Н.Ф., Трифанова, А.В. Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха в Москве // Экология человека Вестник Российской Академии естественных наук 2014 №1 с. 64-67
3. Равшанов Н., Таштемирова Н., Убайдуллаев М.Ш. Математическая модель для анализа динамики аэрозольных и пылевых частиц в воздушной среде // Информационные технологии моделирования и управления. – 2025. – No 1(139). – С. 29-41.
4. Таштемирова Н. Математическая модель и численный алгоритм для исследования процесса распространения пылевых и мелкодисперсных аэрозолей в атмосфере // Проблемы вычислительной и прикладной математики. –2025. –No1(63).– С. 57-76

RAQAMLI VIDEO TASVIRNI QAYTA ISHLASHGA ZAMONAVIY YONDASHUVLAR TAHLILI

Xudayberdiyev Mirzaakbar Xakkulmirzayevich

Toshkent Axborot texnologiyalari universiteti professori, t.f.d.

mirzaakbarhh@gmail.com

To‘xtasinova Ra‘noxon G‘anijonovna

Toshkent davlat agrar universiteti

www.a30909978094@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqola raqamli video tasvirlarni qayta ishlash - bu videolarning sifatini yaxshilash, tasvirlarni optimallashtirish va tahlil qilish jarayonlarini o‘z ichiga oladi. Maqolada zamonaviy texnologiyalar, xususan, sun‘iy intellekt va mashinaga o‘qitish asosidagi usullar,