

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
БУХОРО ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ
АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ФАКУЛЬТЕТИ**

**АМАЛИЙ МАТЕМАТИКА ВА
АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ
ЗАМОНАВИЙ МУАММОЛАРИ**

ХАЛҚАРО МИҚЁСИДАГИ ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАН

МАТЕРИАЛЛАРИ

2021 йил, 15-апрель

Бухоро – 2021

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕСС ПЕРЕНОСА И ДИФФУЗИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ С УЧЁТОМ ОРОГРАФИИ МЕСТНОСТИ

¹Равшанов Н., ²Шафиев Т.Р

¹Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при ТУИТ, зав. лаб., д.т.н., профессор

²Бухарский государственный университет, базовый докторант

Аннотация. В статье рассматривается математическое моделирование процесс переноса и диффузии загрязнителей воздуха в пограничном слое атмосферы. Разработана математическая модель распространения промышленных выбросов в атмосфере с учетом орографии местности скорости перемещения мелкодисперсных субстанции. Модель описывается многомерными уравнениями в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями.

Ключевые слова. Математическая модель, перенос и диффузия, вычислительный эксперимент, орография местности.

Введение. На сегодняшний день загрязнение атмосферы является «экологической проблемой» мирового масштаба и математическое моделирование может претендовать на роль «решения» этих задач и принятия управленческих решения. Потому что, математическое моделирование, является эффективным инструментом для оценки и анализа качества воздуха и защита их от загрязняющих веществ. Из анализа проведенных многолетних наблюдений следует, что ни одна стратегия сокращения выбросов и контроля не может быть экономически эффективной без серьезного предварительного применения методов математического моделирования выше указанной задачи. Математическое моделирование – один из эффективного практического инструмента, который может ответить на наши вопросы «что, если».

За последние годы учёными разработаны математические инструменты для исследования, прогнозирования и мониторинга экологического состояния промышленных регионов, которые основывается на – математическую модель, численного алгоритма и программного средства для проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ и получены значительные теоретические и прикладные результаты по выше указанной проблемой.

Анализируя полученных результатов связанные математического моделирования по данной тематике, в статье проводится комплексное исследование связанные с процессом переноса и диффузии вредных веществ в атмосфере с учетом изменяющийся скорости перемещения частиц вредных веществ в воздушном потоке и рельефа местности рассматриваемого региона.

Постановка задачи.

Для исследования процесса переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере с учетом существенных параметров u_x, v_y, w_z составляющие скорости ветра по направлениям x, y, z соответственно и h параметр для определения рельефа местности рассмотрим математическую модель, описывающую на основе закона гидромеханики с помощью многомерного дифференциального уравнения в частных производных [1,2]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u_x \frac{\partial h\theta}{\partial x} + v_y \frac{\partial h\theta}{\partial y} + w_z \frac{\partial h\theta}{\partial z} + \sigma h\theta = \mu \left(\frac{\partial^2 h\theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h\theta}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial h\theta}{\partial z} \right) + \delta Q; \quad (1)$$

$$m \frac{du_x}{dt} = c_f \pi r^2 \rho_e (u_x - U)^2; \quad (2)$$

$$m \frac{dv_u}{dt} = c_f \pi r^2 \rho_g (v_u - U)^2; \quad (3)$$

$$m \frac{dw_u}{dt} = -\frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_u - \rho_g) g - k_f \mu_g \pi r w_u + F_n \quad (4)$$

с соответствующими начальными

$$\theta(x, y, z, 0) = \theta^0(x, y, z), \quad u_u(0) = u_u^0, \quad v_u(0) = v_u^0, \quad w_u(0) = w_u^0, \quad \text{при } t = 0; \quad (5)$$

и граничными условиями

$$-\mu \frac{\partial h \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi h (\theta_g - \theta); \quad \mu \frac{\partial h \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi h (\theta_g - \theta); \quad (6)$$

$$-\mu \frac{\partial h \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi h (\theta_g - \theta); \quad \mu \frac{\partial h \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi h (\theta_g - \theta); \quad (7)$$

$$-\kappa \frac{\partial h \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = \xi h (\beta \theta - F_0); \quad \kappa \frac{\partial h \theta}{\partial z} \Big|_{z=H} = \xi h (\theta_g - \theta); \quad (8)$$

где $U = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$.

Здесь t – время; x, y, z – координаты; θ – концентрация распространяющегося вещества; h – параметр для определения рельефа местности; σ – коэффициент поглощения вредных веществ в атмосфере; μ – коэффициент диффузии; κ – коэффициент турбулентности; δ – функция Дирака; Q – мощность источников; θ^0 – первичная концентрация вредных веществ в атмосфере; m – масса частицы; c_f – коэффициент лобового сопротивления частиц; r – радиус частицы; ρ_g – плотность воздуха; ρ_u – плотность частиц; g – ускорения свободного падения; k_f – коэффициент формы тела для силы сопротивления; μ_g – вязкость воздуха; F_n – подъемная сила воздушного потока; β – коэффициент взаимодействия с подстилающей поверхностью; F_0 – количество аэрозольных частиц оторвавшихся от шероховатости земной поверхности; ξ – коэффициент для проведения граничного условия к размерному виду; θ_g – концентрация взвешенных веществ в соседних областях решаемых задач.

Параметр для определения рельефа местности определяется при помощи соотношения[3]:

$$h = \begin{cases} 0 & \text{– если слой находится под землей;} \\ 1 & \text{– если слой находится в атмосфере;} \\ (\eta - z_{k-0,5}) / \Delta z & \text{– если слой находится под} \\ & \text{орографической поверхностью.} \end{cases}$$

Здесь η – высота возвышенности над плоскостью, параллельной уровню моря, а $\Delta z = z_{k+0,5} - z_{k-0,5}$. Для каждого слоя вводится множитель h ($0 \leq h \leq 1$), определяющий степень блокирования воздушного потока.

Метод решения. Так как, задача (1) – (7) описывается многомерным нелинейным дифференциальным уравнением в частных производных с соответствующими начальными и краевыми условиями, то получить ее решение в аналитической форме затруднительно. Для решения задачи используем неявную конечно-разностную схему по времени со вторым порядком точности соответственно по x, y и z [4,5].

Для определения скоростей перемещения мелкодисперсных частиц в атмосфере получена система нелинейных уравнений (2)-(4), где учтены основные физико-механические свойства частиц (радиус, масса и плотность частицы) и скорость

перемещения воздушной массы атмосферы, которые играют важную роль в процессе переноса и диффузии.

Выводы. На основе передоложенного математического модели и численного решения задачи разработана программный модуль для оценки концентрация выброшенных аэрозольных частиц в атмосфере в следствие переноса, и диффузия их в рассматриваемом регионе.

По результатам вычислительных экспериментов можно отметить, что на накопление вредных веществ в атмосфере рассматриваемого региона существенное влияние оказывают физико-механические свойства рассматриваемых частиц, а также горизонтальная и вертикальная скорости ветра. Когда скорость ветра приближается к нулю, частицы вредных веществ накапливаются вокруг источника только за счет процесса диффузии.

Еще одним важным параметром является скорость этого воздушного потока. Этот параметр формируется на основе топографии рассматриваемой местности. Именно этот параметр оказывает наибольшее влияние на изменение скорости воздушного потока на высотах. Если на поток не влияет топография местности ($h=1$), тогда частицы могут распространяться на большие расстояния из-за горизонтальной и вертикальной скоростей ветра.

Таким образом, на распределение загрязняющих веществ в атмосфере в основном влияют такие параметры, как скорость и направление ветра, физические и механические свойства рассматриваемых частиц загрязняющих веществ, турбулентность, диффузия и формирование скорости воздушного потока.

Разработанный математический модель может быть использован для решения практических задач, связанных с мониторингом и прогнозированием экологического состояния атмосферы в районах производственных объектов.

Литература

1. Ravshanov N., Shafiev T.R., Daliev S. Study of the main factors affecting the spread of aerosol particles in the atmosphere // J. Phys. IOP Publishing, 2021. P. 12083.
2. Равшанов Н., Шафиев Т., Мурадов Ф.А. Нелинейная математическая модель и эффективный численный алгоритм для мониторинга и прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере с учётом топографии местности // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2021. № 1(31). С. 57–75.
3. Sharipov D.K., Tashtemirova N., Narzullayeva N. Numerical modeling of the spread of harmful substances in the atmosphere taking into account terrain // Probl. Comput. Appl. Math. 2016. Vol. 1. P. 60–72.
4. Ravshanov N., Shafiev T.R. Nonlinear mathematical model for monitoring and predicting the process of transfer and diffusion of fine-dispersed aerosol particles in the atmosphere // Journal of Physics: Conference Series. 2019.
5. Ravshanov N., Abdullaev Z., Shafiyev T. Mathematical model and numerical algorithm to study the process of aerosol particles distribution in the atmosphere // ICISCT 2019. 2019. P.1–7

| | |
|---|-----|
| олган ҳолда тарқалиш жараёнини ифодаловчи моделнинг сонли алгоритми | 60 |
| Равшанов Н., Шафиев Т.Р. Численное исследование процесс переноса и диффузии вредных веществ в атмосфере с учётом орографии местности..... | 63 |
| Хайдарова О.М., Норматов Ш.И. Численное решение напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин при действии сейсмических нагрузок..... | 66 |
| Исроилов Ш.Ю. Норма ва патологияларда марказий нерв тизими регулятор механизмлари ечимларини ҳисобий таҳлил натижалари ва параметрик тасвири..... | 68 |
| Суюнов М.М. Атмосферанинг зарарли моддалар билан ифлосланиши жараёнининг математик моделлари таҳлили | 71 |
| Saytiyev O.A. Fraktal geometriya | 73 |
| Мурадов Ф.А., Нарзуллаева Н.У. Иссиклик энергиясини ҳисобга олган ҳолда атмосферада зарарли моддаларнинг тарқалиш жараёнини ифодаловчи моделнинг сонли алгоритми | 75 |
| Шадманов И.У., Фатуллаева М.Ш. Математическая модель термического состояния хранимых сельскохозяйственных продуктов с учетом собственного тепловыделения и теплообмена с окружающей средой. | 78 |
| Утебаев Д., Ярлашов Р.Ш. Исследование сходимости схемы метода конечных элементов для уравнения фильтрации в трещиновато-пористой жидкости | 81 |
| Berdimurodov M.A., Xudoyqulov K.T. Aes, el-gamal kriptografik algoritmlarining graf sxema algortimi asosida bul funksiyasi | 82 |
| Fayzullaev U.S. Dinamik dasturlash yordamida ko‘p bosqichli jarayonlarni yechish | 83 |
| Berdimurodov M.A., Farmonov B.D. Aes kriptografik algoritmning bul tenglamalar sistemasi .. | 86 |
| Kaytarov Z., Kuljanov J., Khakimova D. A. problem of solute transport in two-dimensional heterogeneous porous media taking into account equilibrium adsorption process | 87 |
| Makhmudov J., Kaytarov Z., Khakimova D. Solute transport in two-dimensional heterogeneous porous media taking into account nonequilibrium adsorption process | 89 |
| Dzhiyanov T., Rasulov U., Baxriddinov G‘., Turdaliyev Sh., Ro‘ziyeva M. Solute transport in a nonhomogeneous porous medium | 91 |
| Файзиев Б.М., Бегматов Т.И., Эштемиров Б.Ш. Математическая модель фильтрации суспензии с многоступенчатой кинетикой осаждения в двухзонной пористой среде..... | 93 |
| Nayotov A.R., Babaev S.S., Olimov N.N. An optimal interpolation formula in $W_{2,\sigma}^{(2,1)}(0,1)$ space. | 96 |
| Botirova U.Ch., Gadoymurodova Z.R. Matematik modellash tirish va sonli usullar tahlili..... | 97 |
| Hamroyev Yu.Y., Ostonova D.A. Maxsuslikka ega bo‘lgan chegaraviy masala uchun yuqori aniqlikdagi ayirmali sxemalar | 98 |
| Акбаров Н. Анализ вязкоупругого деформирования композитных материалов по модели Г.М.Ляхова..... | 100 |
| Hamroyev Yu.Y., Rajabova V.R. Maxsuslikka ega bo‘lgan differensial operator uchun yuqori aniqlikdagi shturm – liuvill ayirmali masalasi | 102 |
| Fayziyeva Sh.D., Malikov A.B. Lagranj interpolatsion ko‘phadi va uning tadbiqu | 104 |
| Жалолов Ф. И., Хаятов Х., Каримов Ф.Р. Оптимальная интерполяционная формула в периодическом пространстве с.л.соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ | 105 |
| Жалолов И.И., Жалолов И.Ф., Нематова Х.Э. Оптимальная квадратурная формула типа эрмита в пространстве соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ | 110 |
| Шадиметов Х.М., Жалолов Ик.И. Алгоритм построения оптимальной квадратурной формулы в пространстве хёрмандера $H_2^\mu(R)$ | 114 |
| Varakaev D. Group analysis of elasticity equations with a computer algebra..... | 120 |
| Сабирова Раъно. О порядках функций роста средней сложности поиска идентичных объектов для случайных баз данных | 121 |