

O‘ZBEKISTON AGRAR FANI XABARNOMASI

№ 2 (8/2) 2023
(maxsus son)



**ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ
УЗБЕКИСТАНА**

**BULLETIN OF THE AGRARIAN SCIENCE OF
UZBEKISTAN**



**LOYIHA RAHBARI VA
TASHABBUSKORI:**

O'zbekiston Respublikasi
Qishloq xo'jaligi vazirligi
Toshkent davlat agrar universiteti

BOSH MUHARRIR:

Kamoliddin SULTONOV
Bosh muharrir o'rinbosari:
Laziza G'OFUROVA

IJROCHI DIRECTOR:

Baxtiyor NURMATOV

MAS'UL KOTIB:

Ubaydullo RAHMONOV

DIZAYNER-SAHIFALOVCHI:

Denislam ALIMKULOV

Nashr O'zbekiston Respublikasi
Oliy attestatsiya komissiyasining
ilmiy jurnallar ro'yhatiga olingan.

O'zbekiston Respublikasi
Prezidenti huzuridagi Axborot va
ommaviy kommunikatsiyalar
agentligi tomonidan 2022-yil 25
fevralda 1548-sonli guvohnoma
bilan qayta ro'yxatga olingan.

Jurnal 2000 yil aprel oyidan tashkil topgan jurnal
bir yilda 6 marta chop etiladi.

Bosishga ruxsat etildi: 15.05.2023.
Qog'oz bichimi 60x84^{1/8}

Offset usulida cosildi. Biyurtma №
Adadi: 100 nusxa.

«Agrar fani xabarnomasi» MCHJ bosmaxonasida
chop etildi.

Korxonalar manzili: Toshkent viloyati, Qibray
tumani. Universitet ko'chasi, 2-uy

O'ZBEKISTON AGRAR FANI XABARNOMASI

№ 2 (8/2) 2023

Ilmiy-amaliy jurnal

Tahrir hay'ati raisi:

Воитов Азиз Ботирович
O'zbekiston Respublikasi
Qishloq xo'jaligi vaziri

Tahrir hay'ati a'zolari:

Sh.Teshaev	M.Mazirov
K.Sultonov	Sh.Nurmatov
S.Islamov	U.Norqulov
A.Abduvasikov	N.Noraliev
X.Mardonov	E.Berdiev
A.Xasanov	S.Sharipov
S.Yuldasheva	T.Shamsiddinov
X.Bo'riev	Y.Yuldashev
I.Vasenov	U.Ballasov
R.Dustmuratov	K.Buxorov
A.Qayumov	S.Jo'raev
I.Karabaev	M.Odinaev
S.Yunusov	Ch.Begimqulov
I.Rustamova	B.Kamoliv
N.Rajabov	B.Qaxramonov
M.Yuldashov	S.Isamuxamedov

Ta'sischi:

Agrar fani xabarnomasi MCHJ

Manzil: 100164, Toshkent, Universitet ko'chasi 2-uy,
ToshDAU.

Tel: (+99871) 260-44-95. Faks: 260-38-60.

e-mail: nurmatovbaxtiyor868@gmail.com

Maqolada keltirilgan fakt va raqamlar uchun
mualliflar javobgardir.

**ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ
УЗБЕКИСТАНА**

**BULLETIN OF THE AGRARIAN
SCIENCE OF UZBEKISTAN**

МУНДАРИЖА

I - sho'ba

Aqlli qishloq xo'jaligi asosiy yo'nalishlari va boshqaruv jarayonlarini elektron tashkil etishning konseptual asoslari

Noraliev N.X., Sultonov K.S. Aqlli qishloq xo'jaligi texnologiyalari. Muammolar va yechimlar.....	6
Каршиев З.А., Рахманов Х. Э. Анализ временных рядов индексов растительности для мониторинга сельскохозяйственных культур на облачной платформе Google Earth Engine.....	9
Nuraliyev F.M., Modullayev J.S. Video oqimidagi obyektarni aniqlash usullari va algoritmi taxlili.....	12
Nuraliyev F. M., Alisher Z. Q. Dorivor va qishloq xo'jaligi o'simliklarini kosmosda va yerda rivojlanish jarayonini vizual tahlil qilish usullari va vositalari.....	15
Тошпўлатов Д.Ш., Маматкулов Қ.Э. Қишлоқ хўжалиги корхоналарида рақамли технологиялардан самарали фойдаланиш тизимини такомиллаштириш.....	19
Qurbonova M.F., Sultonov G.Sh. Ta'lim samaradorligini oshirishda elektron o'quv resurslarining roli.....	22
Хантбоев К. Некоторые проблемы обеспечения сельского хозяйства ит-специалистами и рекомендации по их решению.....	25
Норалиев Н.Х., Кудоева Ф.Х. Технические и программные средства умного сельского хозяйства.....	28
Ходжакулов М. Интернет вещей как инструмент оптимизации процессов в сельском хозяйстве.....	31
Орифжонова У., Қорабошев О.З. Қишлоқ хўжалигида сунъий интеллект ва machine learning алгоритмларидан фойдаланиш.....	35
Жуманазаров С.С., Юсупова Ф.Э. Мўминова Д.Т. Талабаларнинг рақамли саводхонлигини шакллантириш масалалари.....	37
Саидов М.Х., Султонов.К.С., Саидова Д.Н. Ўзбекистонда дуал олий таълим: ташкил этиш имкониятлари ва истиқболлари.....	39
Садикова Г.Ш. Қишлоқ хўжалиги йўналиши талабалари когнитив компетентлигини интегратив ёндашув асосида такомиллаштириш методикаси.....	42
Rasulov S.Sh. Talabalarining mustaqil ta'lim faoliyatini rivojlantirishda axborot kommunikatsion texnologiyalarning o'rni..	44
Buribayeva G.N., Tojiboeva D.Sh. Qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalar.....	46

II-sho'ba

Qishloq xo'jaligi iqtisodiy jarayonlarni raqamlash- tirish, ishlab chiqarish va boshqaruv jarayonlarida matematik, statistik va taxlil usullari

Равшанов Н., Аминов С.М. Кўп қатламли ғовак мухитда деформацияланишни ҳисобга олган ҳолда нефт фильтрация жараёнини математик моделлаштириш.....	49
Shadmanova G., Xabibullaeva U. O'zbekistonda sitrus mevalarini yetishtirish va rivojlantirish muammolarini hal qilish yo'llarini ekonometrik tahlil qilish.....	55
Файзиев А.А., Фарманов Т.Х. Статистический анализ и прогнозирование динамика заготовлене кокона в республике Узбекистан.....	57
Равшанов Н., Набиева И., Насруллаев П. А. Исследование процесса деградации акватории аральского моря и его влияния на окружающую среду.....	62
Рузметов К., Тургунов Т. Агроиктисодий прогноз муаммоларини ҳал этишда математик моделлар.....	67
Muradov F.A., Kucharov O.R., Karshiyev D.A., Eshboyeva N.F. Atmosferada zararli moddalarning atmosferada tarqalishini ifodalovchi modelni zichliklarni hisobga olgan holda sonli yechish.....	70
Muradov F.A., Kucharov O.R., Karshiyev D.A., Eshboyeva N.F. Zararli moddalarning atmosferada ko'chish va tarqalish jarayonlarini issiqlik energiyani hisobga olgan holda ishlab chiqilgan modelning sonli algoritmi.....	74
Turgunov T., Murodov J. Mamlakat rivojlanish strategiyasining asosiy omili - raqamli iqtisodiyotdir.....	78
Холиков А.А., Жумаев Ж. Математическое моделирование сушки лука с использованием метода полного факторного эксперимента.....	80
Egamberganov J.Q., Ismoilov D.A. Investitsiya faoliyatini moliyaviy boshqarish mexanizmini takomillashtirish yo'nalishlari.....	85
Mengnorov A., Turgunov T., Abduraximova M. Iqtisodiyotni raqamlashtirish sharoitida meva-sabzavotchilik tarmog'ini rivojlanishining ekonometrik tahlili.....	87
Авазов Б.М. Номаълум параметрларни статистик баҳолашда архимед копула функциялари.....	89
Rakhimboev M. Hausdorf o'lchami ma'nosida lebeg β -nuqtalari va uning yordamida mukammal to'plamlarning miqdorini baholash.....	92
Kurbonbekova O.D. Matematik usullar yordamida fermer xo'jaliklarining iqtisodiy natijalarini tahlil qilish.....	97

Худоёрв З.Ж., Джиянов М.Р., Халмуродов Т.Н., Маматқулов У.Қ., Умарова Ф.Ф. Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ташиш ишларини математик моделлаштириш.....	99
Одилова Ш.С., Захидов Д. Метод максимального правдоподобия для идентификации сообществ в сети на графах.....	103
Raxmonov S.R., Uskanov Sh.Q. <i>Chlorella Vulgaris</i> mikroalgarini yetishtirish texnologik jarayonining matematik modellashirish.....	107
Safarov.O.A. О некоторых обобщениях леммы бореля-контелли.....	113
Рахманова Ш.Ш. Хеджирование денежных потоков как потенциальный инструмент влияния на доходов хозяйствующих субъектов.....	114
Шадманов И.У. Моделирование и исследования взаимосвязанного тепло- и влагопереноса при хранении и сушке хлопка-сырца в бунтах.....	116

III-sho‘ba

Sug‘orma dehqonchilik, o‘simliklarni yetishtirish agrotexnikasi hamda selektsiya va urug‘chilikni rivojlantirishda raqamli texnologiyalar

Axmurzayev Sh., Shodmanov M., To‘xtashev B., Eshonqulov J. Soya dalasidagi zarpechakka qarshi qo‘llanilgan pilot 10 % s.e.k. gerbitsidining iqtisodiy samaradorligi.....	122
Shamsiyev A., Norqulov U., Sheraliyev X., Eshonqulov J. Soya va kungaboqar navlarining sug‘orish tartiblari bo‘yicha iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari.....	124
Abdalova G.N., Pirmetova S.A. Foydalanishdan chiqib ketgan hamda eroziyaga uchragan yerlar unumdorligini tiklashda soyaning o‘sishi va rivojlanishi.....	126
Азизов Б.М., Шукуруллаева Ф.М. Влияние сроков посева на рост и развитие озимой ржи в фазу кущения до зимовки.....	128
Saydullayev N.B. Bo‘yoqdor ro‘yan (<i>Rubia tinctorum L.</i>) o‘simligini yetishtirish agrotexnologiyasi.....	131
Begmatov A.M., Xaydarov M.B. Steviya (<i>Stevia rebaudiana bertonii L.</i>)ni yetishtirish texnologiyasi va dorivorlik hususiyati.....	134
Saydullayev N.B. Goji (<i>Lycium barbarum</i>) o‘simligini yetishtirish texnologiyasi.....	136
Abdalova G.N., Shimbergenova G.J. Qoraqalpog‘iston Respublikasi sho‘rlangan yerlarida yem-xashak ekinlarining su‘g‘orish tartibini o‘rganish.....	139
Charshanbiyev U.Yu., Odinayev O‘. Biogumus kam xarajat – yuqori daromad.....	141
Якубов Ш.М., Ахмедов Э.Т., Эргашева И.Т. <i>Allium Tschimganicum b. Fedtsch</i> (мадор) ўсимлигини биолоэкологик хусусиятлари.....	143
Mamedova V.N. In-vitro usulida ko‘chat yetishtirishning afzalliklari.....	146
Торениязов Т.Е. Данакли мева боғларида ширалар ривожини башорат қилиш ва қарши қурашни ташкиллаштириш.....	149
Торениязов Т.Е., Аннакулов Б.К. Қорақалпоғистон агробиоценози абиотик омиллар ўзгаришининг каналар турлари ривожига таъсирини белгилаш.....	152
Каримов Б.Т. Озеленение и благоустройство городской среды.....	154
Норқулов У., Низамова М., Эшонқулов Ж. Гидропоника усули билан помидор етиштиришда томчилатиб суғориш технологик жараёнларини автоматлаштириш модели.....	157

IV-sho‘ba

Qishloq xo‘jaligida raqamli innovatsion texnika va texnologiyalardan foydalanish

Эшпулатов Д.Б. Технология цифровых двойников: перспективы внедрения в животноводстве.....	160
Утепбергенова В.М. Маданий яйловларни ривожлантиришда рақамли инновацион технологиялардан фойдаланиш.....	163
Нурiev К. К., Нурiev М.К. Применение цифровых технологий при определении тяговых сопротивлений рабочих органов.....	165
Халмуродов Т.Н., Исмоилов О.И. Қайта тикланувчи энергия манбаларининг ривожланиш истиқболлари.....	169
Худоёрв З. Ж., Алланазаров М.А., Халмуродов Т.Н. Ёмғирлатиш интенсивлигининг тупрок структурасига таъсири.....	173
Худоёрв З.Ж. Ёмғирлатиш суғориш қурималари дефлекторли насадқасида суный ёмғир томчиси ҳосил бўлиши ва сув сарфи тадқикотлари.....	176
Воқиев А.А., Botirov A.N. Agrar soha elektr ta‘minotida kombinatsiyalashgan mobil elektr stansiyasidan foydalanish.....	180
Норов С.Н., Баёзов Р.Р. Электр юритмали тракторларнинг иш унумдорлиги трансмиссиянинг автоматик уланишларга боғлиқлиги.....	184
Хазиев С.А., Горлова И.Г. Качества среза пустынных кормовых растений роторным режущим аппаратом косилки-копнителя.....	186
Таджибекова И.Э. Преимущество применения технологии обработки озонем продукции в различных отраслях сельского хозяйства.....	190
Mirzaxodjayev Sh.Sh., Xaytmatov Sh.M., Mamasov A.A., Shodiev X.B. Sabzovot ko‘chatlarini ekish uchun taklif etilayotgan yangi texnologiyani asoslash.....	193

Тўхтақўзиев А., Ражабов Б.Б. Кенг камровли чизел-култиваторга ишлаб чиқилган мослама ғалтакмоласининг параметрларини назарий асослаш.....	196
Турдиева М.Ё. Комбинациялашган диски борона текислагич-зичлагичининг баландлигини унинг иш кўрсаткичларига таъсири.....	199
Ergashev M.M. Kombinasiyalashgan mashina tishli tekislagichining parametlarini asoslash.....	202
Тўхтақўзиев А., Нурманов С.С. Комбинациялашган ҳайдов агрегати диски юмшаткичининг белгиланган ишлов бериш чуқурлигига ботиб ишлашини тадқиқ этиш.....	205
Bolikulov F.O. Очик майдонда такрорий экин сифатида бодринг уруғларини унвчанлиги ва ҳар хил ёшдаги кўчатларини дала тутувчанлиги.....	208
R.D.Xalilov, D.S.Omonov. Chigit seyalkasida sepilgan gerbitsid samaradorligini oshirish.....	213

узуллари кўллаш кишлок хўжалиги корхоналарининг ривожланиш истикболларини, ишлаб чиқариш дастурий-мақсадли ривожланишининг энг самарали йўллари аниқлашни амалга оширади. Прогноз қилиш усуллари орқали иқтисодий ўсишининг нохуш тенденцияларини аниқлашга ва уларни ўз вақтида

олдини олиш ҳамда махсулот ишлаб чиқаришни ижобий ривожланишини рағбатлантиришга ёрдам беради. Шунингдек, кишлок хўжалигидаги долзарб муаммоларни ҳал қилиш зарурияти прогноз қилиш тадқиқотларини кенгайтиришни ва уларда иқтисодий-математик моделлардан самарали фойдаланишни талаб қилади.

Адабиётлар

1. Алимов Р.Х. ва бошқ. Фермер хўжаликлари фаолиятини индикатив режалаштириш ва прогноз қилиш, “Иқтисодиёт ва инновацион технология-лар” илмий электрон журнали, № 2, ноябрь, 2011, 1-5 бетлар
2. Абдурахимов А., Тургунов Т., Хайитматов У. Иқтисодий жараён-ларни моделлаштириш ва прогноз қилишда ноаниқ тўпламлар назариясини қўллашнинг имкониятлари “Роль информационно-коммуникационных техно-логий в модернизации национальной экономики” Сборник тезисов Между-народной научно-практической конференции, Т., 2011
3. Абдуллаев А.М., Алмурадов А.А. Основные проблемы прогнозирования в условиях рыночной экономики, “Иқтисодиёт ва инновацион техноло-гиялар” илмий электрон журнали, № 3, май-июнь, 2014 йил, 1-13 бетлар
4. Брыжко В.Г., Пшеничников А.А. Современные проблемы прогнозирования развития сельского хозяйства, Журнал Фундаментальные исследова-ния, № 12 (часть 4), 2015, стр. 762-765
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Ўзбекистон республи-касини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги фармони, Пф-4947-сон, Тошкент ш., 2017 йил 7 февраль
6. Хачев М.М. Теммеева С.А. Эконометрическая модель прогнозирования развития сельского хозяйства региона, Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 9, 2017, стр. 163-167

UO'K 519.6+004.9:504.064

^{1,2}Muradov F.A., ³Kucharov O.R., ⁴Karshiyev D.A., ¹Eshboyeva N.F.

¹Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti

²Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali

³“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti ⁴Toshkent pediatriya tibbiyot instituti

ATMOSFERADA ZARARLI MODDALARNING ATMOSFERADA TARQALISHINI IFODALOVCHI MODELNI ZICHLIK LARNI HISOBGA OLGAN HOLDA SONLI YECHISH

Annotatsiya. Ushbu maqolada zararli moddalar zichligining qiymatini hisoblovchi matematik model ishlab chiqilgan. Ushbu modelni vaqtning turli qiymatlarida va hududning turli nuqtalarida hisoblovchi oshkormas ko'rinishdagi vaqt va fazoviy o'zgaruvchilarga nisbatan yuqori tartibli approksimatsiyani qo'llagan holda chekli ayirmali usulni qo'llagan holda sonli yechish algoritmi keltirilgan. Ushbu usulning asosiy afzalligi chekli chekli ayirmali sxemani qo'llaganimizda absolyut turg'unlik sharti ta'minlanadi hamda aniqlik darajasi vaqt va fazoviy o'zgaruvchilarga nisbatan kvadratiga oshadi. Natijada yechim aniqligi oddiy chekli ayirmali usuldan 15-20 % atrofida samaradorlikka erishadi.

Kalit so'zlar. Matematik model, zichlik, diffuziya, approksimatsiya, chekli ayirma, approksimatsiya.

Аннотация. В работе предложена математическая модель процесса распространения выбросов вредных примесей в атмосфере и численный алгоритм решения задачи определения значений концентрации частиц вредных веществ в атмосферном воздухе и на подстилающей поверхности. Вычислительный алгоритм основан на конечно-разностном методе с использованием аппроксимации высокого порядка по времени и пространственным переменным. Основное преимущество предложенного метода решения задачи состоит в том, что используемая неявная разностная схема абсолютно устойчива, а достигаемая точность решения примерно на 15-20% выше, по сравнению с обычными явными конечно-разностными схемами.

Ключевые слова. Математическая модель, плотность, диффузия, аппроксимация, конечная разность, аппроксимация.

Annotation. The paper proposes a mathematical model of the process of distribution of emissions of harmful impurities in the atmosphere and a numerical algorithm for solving the problem of determining the values of the concentration of particles of harmful substances in the atmospheric air and on the underlying surface. The computational algorithm is based on the finite difference method using a high-order approximation in time and space variables. The main advantage of the

proposed method for solving the problem is that the implicit difference scheme used is absolutely stable, and the achieved accuracy of the solution is about 15-20% higher compared to conventional explicit finite difference schemes.

Keywords. *Mathematical model, density, diffusion, approximation, finite difference, approximation.*

Kirish

M. V. Menshov [8] qishloq xo‘jaligi aviatsiyasi tomonidan suyuq o‘g‘itlarni purkash natijasida hosil bo‘lgan o‘rtacha o‘lchamdagi aerazol bulutining harakati va cho‘kishi modelini o‘zgartirishni taklif qildi. Aerazol bulutining ko‘chishini tavsiflash uchun M. V. Menshov tegishli boshlang‘ich va chegaraviy shartlar to‘plami bilan yarim empirik ko‘chish nazariyasi va turbulent diffuziya tenglamasidan foydalanadi. Muallif konsentratsiyaning vertikal taqsimlanishi normal taqsimotga yaqin degan taxmin bilan asosiy tenglamani vertikal ravishda taqsimlashni amalga oshiradi. Muammoni hal qilish usuli tarmoq sohasidagi manba tizimlarini namuna olishga asoslangan. Differensial operatorlarning fazoviy yaqinlashuvi to‘liq o‘zgaruvchanlikning oshishi bilan monoton sxemalarga asoslanadi va cheklangan ayirmali tenglamalarning algebraik tizimlari to‘liq bo‘lmagan faktorizatsiya usullari yordamida iteratsiya usulida yechiladi, vaqtni birlashtirish uchun yashirin xususiyatlarga ajratish usullari qo‘llaniladi. Hisob-kitob natijalarini dala ma‘lumotlari bilan taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, aerazol hosil bo‘lishining tavsiya etilgan migratsiya va yog‘ingarchilik modeli 12-18% dan

oshmaydigan modellashtirish xatosiga ega, bu g‘ayritabiiy shamol profillarining tabiiy ehtimoli tufayli dala tajribalari uchun juda maqbul deb hisoblanishi mumkin [8].

[1] maqolada zararli moddalarning atmosferada tarqalish jarayonini ikki o‘lchovli elliptik tenglamalardan foydalangan holda ifodalangan. Shuningdek ushbu maqolada asosan turli balandliklar hisob-tajribalari o‘tkazilgan.

[2] maqolada AQSHda yilning turli fasllarida transportdan chiqayotgan chiqindilarning atmosferaga tarqalish jarayoni meteorologik parametrlarni hisobga olgan holda o‘rganilgan.

[3] maqolada qurilish obyektlarida og‘ir zararli moddalarning atmosferada tarqalish jarayoni o‘rganilgan. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki, zararli moddalarning atmosferada tarqalishi binoning balndigi, shamolning tezligi va yo‘nalishiga bog‘liq, lekin bino devorlarining qalinligiga unchalik bog‘liq emas ekan.

Tadqiqot uslublari.

Atmosferada aerazol zarralarning zichligini hisoblash uchun gidromexanika qonunlari asosida matematik model ishlab chiqildi[4]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \rho}{\partial z} \right) + I_8; \quad (1)$$

Unga mos boshlang‘ich va chegaraviy shartlari quyidagilardan iborat:

$$\rho(x, y, z) \Big|_{t=0} = \rho_c; \quad (2)$$

$$\alpha_9 \rho \mu \frac{\partial \rho}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_{10} (\rho - \rho_0), \quad \beta_9 \rho \mu \frac{\partial \rho}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \beta_{10} (\rho - \rho_0), \quad (3)$$

$$\alpha_{11} \rho \mu \frac{\partial \rho}{\partial y} \Big|_{y=0} = \alpha_{12} (\rho - \rho_0), \quad \beta_{11} \rho \mu \frac{\partial \rho}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \beta_{12} (\rho - \rho_0), \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0, \quad \frac{\partial \rho}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = 0. \quad (5)$$

Bu yerda ρ – zararli moddaning zichligi; ρ_c – zararli moddaning boshlang‘ich zichligi; ρ_0 – atmosferaning zichligi; u, v, w – x, y, z yo‘nalishlarida shamol tezligi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi.

Yechishni osonlashtirish uchun (1)-(5) masalani to‘g‘ri to‘rtburchakli sohada qaraymiz, ifloslanish

manbaini esa yerning yuza qatlamida joylashgan deb qabul qilamiz. Unda (1)-(5) masalani sonli yechish uchun noma‘lumning o‘zgarish maydonini chegaraviy shartlarni hisobga olgan holda qadamlarga mos to‘r bilan qoplaymiz:

$$\Omega_{xyzt} = \left\{ (x_i = i\Delta x, y_j = j\Delta y, z_k = k\Delta z, \tau_n = n\Delta t); \right. \\ \left. i = \overline{0, N}; j = \overline{0, M}, k = \overline{0, L}, n = \overline{0, N_t}, \Delta t = \frac{1}{N_t} \right\}.$$

(1)-(5) masalaning yechimi davomida turg‘unlikni ta‘minlash maqsadida oshkormas sxemadan foydalangan

holda, (1) tenglamani Ox yo‘nalish bo‘yicha approksimatsiyalaymiz[5-7]:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \frac{\rho_{i,j,k}^{n+1/3} - \rho_{i,j,k}^n}{\Delta t / 3} + \frac{1}{2} \frac{\rho_{i+1,j,k}^{n+1/3} - \rho_{i+1,j,k}^n}{\Delta t / 3} + \frac{u_{i,j,k}^{n+1/3} \rho_{i,j,k}^{n+1/3} - u_{i-1,j,k}^{n+1/3} \rho_{i-1,j,k}^{n+1/3}}{2\Delta x} + \frac{u_{i,j,k}^n \rho_{i,j,k}^n - u_{i-1,j,k}^n \rho_{i-1,j,k}^n}{2\Delta x} + \\ & + \frac{v_{i,j,k}^n \rho_{i,j,k}^n - v_{i,j-1,k}^n \rho_{i,j-1,k}^n}{\Delta y} + \frac{w_{i,j,k}^n \rho_{i,j,k}^n - w_{i,j,k-1}^n \rho_{i,j,k-1}^n}{\Delta z} = \frac{1}{\Delta x^2} (\mu_{i+0,5,j} \rho_{i+1,j,k}^{n+1/3} - \\ & - (\mu_{i+0,5,j} + \mu_{i-0,5,j}) \rho_{i,j,k}^{n+1/3} + \mu_{i-0,5,j} \rho_{i-1,j,k}^{n+1/3}) + \frac{1}{\Delta y^2} (\mu_{i,j+0,5} \rho_{i,j+1,k}^n - (\mu_{i,j+0,5} + \mu_{i,j-0,5}) \rho_{i,j,k}^n + \\ & + \mu_{i,j-0,5} \rho_{i,j-1,k}^n) + \frac{1}{\Delta z^2} (\kappa_{k+0,5} \rho_{i,j,k+1}^n - (\kappa_{k+0,5} + \kappa_{k-0,5}) \rho_{i,j,k}^n + \kappa_{k-0,5} \rho_{i,j,k-1}^n) + \frac{1}{3} I_8. \end{aligned}$$

Qavslarni ochib chiqib, o‘xshash hadlarni, ixchamlab quyidagi chiziqli algebraik tenglamalar sistemasiga kelamiz:

$$a_{\rho,i,j,k} \rho_{i-1,j,k}^{n+1/3} - b_{\rho,i,j,k} \rho_{i,j,k}^{n+1/3} + c_{\rho,i,j,k} \rho_{i+1,j,k}^{n+1/3} = -d_{\rho,i,j,k}, \quad (6)$$

Ushbu chiziqli algebraik tenglamalar sistemasining koeffitsiyentlari va ozod hadlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned} a_{\rho,i,j,k} &= \frac{\mu_{i-0,5,j}}{\Delta x^2} + \frac{u_{i-1,j,k}^{n+1/3}}{2\Delta x}; \quad b_{\rho,i,j,k} = \frac{\mu_{i+0,5,j} + \mu_{i-0,5,j}}{\Delta x^2} + \frac{u_{i,j,k}^{n+1/3}}{2\Delta x} + \frac{3}{2\Delta t}; \\ c_{\rho,i,j,k} &= \frac{\mu_{i+0,5,j}}{\Delta x^2} - \frac{3}{2\Delta t}; \\ d_{\rho,i,j,k} &= \left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{\mu_{i,j+0,5} + \mu_{i,j-0,5}}{\Delta y^2} - \frac{\kappa_{k+0,5} + \kappa_{k-0,5}}{\Delta z^2} - \frac{u_{i,j,k}^n}{2\Delta x} - \frac{v_{i,j,k}^n}{\Delta y} - \frac{w_{i,j,k}^n}{\Delta z} \right) \rho_{i,j,k}^n + \\ & + \frac{u_{i-1,j,k}^n}{2\Delta x} \rho_{i-1,j,k}^n + \frac{3}{2\Delta t} \rho_{i+1,j,k}^n + \left(\frac{\mu_{i,j-0,5}}{\Delta y^2} + \frac{v_{i,j-1,k}^n}{\Delta y} \right) \rho_{i,j-1,k}^n + \frac{\mu_{i,j+0,5}}{\Delta y^2} \rho_{i,j+1,k}^n + \\ & + \left(\frac{\kappa_{k-0,5}}{\Delta z^2} + \frac{w_{i,j,k-1}^n}{\Delta z} \right) \rho_{i,j,k-1}^n + \frac{\kappa_{k+0,5}}{\Delta z^2} \rho_{i,j,k+1}^n + \frac{1}{3} I_8. \end{aligned}$$

Shuningdek, (3) chegaraviy shartni $x=0$ uchun quyidagicha ikkinchi tartibdagi aniqlikda aproksimatsiyalaymiz:

$$\alpha_9 \tilde{\rho} \mu_{0,j} \frac{-3\rho_{0,j,k}^{n+1/3} + 4\rho_{1,j,k}^{n+1/3} - \rho_{2,j,k}^{n+1/3}}{2\Delta x} = \alpha_{10} \rho_{0,j,k}^{n+1/3} - \alpha_{10} \rho_0.$$

Ushbu ifodani soddalashtiramiz va natijada progonka koeffitsiyentlari quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\begin{aligned} \alpha_{\rho,0,j,k} &= \frac{-4c_{\rho,1,j,k} \tilde{\rho} \alpha_9 \mu_{0,j} + b_{\rho,1,j,k} \tilde{\rho} \alpha_9 \mu_{0,j}}{-3c_{\rho,1,j,k} \tilde{\rho} \alpha_9 \mu_{0,j} + a_{\rho,1,j,k} \tilde{\rho} \alpha_9 \mu_{0,j} - 2\Delta x \alpha_{10}}; \\ \beta_{\rho,0,j,k} &= \frac{-d_{\rho,1,j,k} \tilde{\rho} \alpha_9 \mu_{0,j} - 2\Delta x \alpha_{10} c_{\rho,1,j,k} \rho_0}{-3c_{\rho,1,j,k} \tilde{\rho} \alpha_9 \mu_{0,j} + a_{\rho,1,j,k} \tilde{\rho} \alpha_9 \mu_{0,j} - 2\Delta x \alpha_{10}}. \end{aligned}$$

Shuningdek (3) – chegaraviy shartni $x = L_x$ uchun quyidagicha ikkinchi tartibdagi aniqlikda aproksimatsiyalaymiz:

$$\beta_9 \tilde{\rho} \mu_{N,j} \frac{\rho_{N-2,j,k}^{n+1/3} - 4\rho_{N-1,j,k}^{n+1/3} + 3\rho_{N,j,k}^{n+1/3}}{2\Delta x} = \beta_{10} \rho_{N,j,k}^{n+1/3} - \beta_{10} \rho_0 \quad (7)$$

Ushbu ifodani soddalashtiramiz va natijada $\rho_{N,j,k}^{n+1/3}$ ning qiymati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\rho_{N,j,k}^{n+1/3} = \frac{-2\Delta x \beta_{10} \rho_0 - (\beta_{\rho,N-2,j,k} + \alpha_{\rho,N-2,j,k} \beta_{\rho,N-1,j,k} - 4\beta_{\rho,N-1,j,k}) \tilde{\rho} \beta_9 \mu_{N,j}}{-2\Delta x \beta_{10} + (\alpha_{\rho,N-2,j,k} \alpha_{\rho,N-1,j,k} - 4\alpha_{\rho,N-1,j,k} + 3) \tilde{\rho} \beta_9 \mu_{N,j}}.$$

$\rho_{N-1,j,k}^{n+1/3}, \rho_{N-2,j,k}^{n+1/3}, \dots, \rho_{1,j,k}^{n+1/3}$ konsentratsiya qiymatlarining ketma-ketligi teskari progonka usuli yordamida topiladi.

$$\rho_{i,j,k}^{n+1/3} = \alpha_{\rho,i,j,k} \rho_{i+1,j,k}^{n+1/3} + \beta_{\rho,i,j,k}; \quad i = \overline{N-1, 0}, \quad j = \overline{1, M-1}, \quad k = \overline{1, L-1}.$$

Yuqorida bajarilgan amallar ketma-ketligini O_y va O_z yo‘nalishlari bo‘yicha qo‘llaymiz.

Oy yo‘nalish uchun:

$$\bar{a}_{\rho,i,j,k} \rho_{i,j-1,k}^{n+2/3} - \bar{b}_{\rho,i,j,k} \rho_{i,j,k}^{n+2/3} + \bar{c}_{\rho,i,j,k} \rho_{i,j+1,k}^{n+2/3} = -\bar{d}_{\rho,i,j,k}, \quad (8)$$

Bu yerda:

$$\bar{a}_{\rho,i,j,k} = \frac{\mu_{i,j-0,5} + u_{i,j-1,k}^{n+2/3}}{\Delta y^2} + \frac{u_{i,j-1,k}^{n+2/3}}{2\Delta y}; \quad \bar{b}_{\rho,i,j,k} = \frac{\mu_{i,j+0,5} + \mu_{i,j-0,5} + u_{i,j,k}^{n+2/3}}{\Delta y^2} + \frac{3}{2\Delta t};$$

$$\bar{c}_{\rho,i,j,k} = \frac{\mu_{i,j+0,5}}{\Delta y^2} - \frac{3}{2\Delta t};$$

$$\bar{d}_{\rho,i,j,k} = \left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{\mu_{i+0,5,j} + \mu_{i-0,5,j}}{\Delta x^2} - \frac{\kappa_{k+0,5} + \kappa_{k-0,5}}{\Delta z^2} - \frac{u_{i,j,k}^{n+1/3}}{\Delta x} - \frac{v_{i,j,k}^{n+1/3}}{2\Delta y} - \frac{w_{i,j,k}^{n+1/3}}{\Delta z} \right) \rho_{i,j,k}^{n+1/3} +$$

$$+ \frac{v_{i,j-1,k}^{n+1/3}}{2\Delta y} \rho_{i,j-1,k}^{n+1/3} + \frac{3}{2\Delta t} \rho_{i,j+1,k}^{n+1/3} + \left(\frac{\mu_{i-0,5,j}}{\Delta x^2} + \frac{u_{i-1,j,k}^{n+1/3}}{\Delta x} \right) \rho_{i-1,j,k}^{n+1/3} + \frac{\mu_{i+0,5,j}}{\Delta x^2} \rho_{i+1,j,k}^{n+1/3} +$$

$$+ \left(\frac{\kappa_{k-0,5}}{\Delta z^2} + \frac{w_{i,j,k-1}^{n+1/3}}{\Delta z} \right) \rho_{i,j,k-1}^{n+1/3} + \frac{\kappa_{k+0,5}}{\Delta z^2} \rho_{i,j,k+1}^{n+1/3} + \frac{1}{3} I_8.$$

$$\bar{\alpha}_{\rho,i,0,k} = \frac{-4\bar{c}_{\rho,i,1,k} \tilde{\rho} \alpha_{11} \mu_{i,0} + \bar{b}_{\rho,i,1,k} \tilde{\rho} \alpha_{11} \mu_{i,0}}{-3\bar{c}_{\rho,i,1,k} \tilde{\rho} \alpha_{11} \mu_{i,0} + \bar{a}_{\rho,i,1,k} \tilde{\rho} \alpha_{11} \mu_{i,0} - 2\Delta y \alpha_{12}};$$

$$\bar{\beta}_{\rho,i,0,k} = \frac{-\bar{d}_{\rho,i,1,k} \tilde{\rho} \alpha_{11} \mu_{i,0} - 2\Delta y \alpha_{12} \bar{c}_{\rho,i,1,k} \rho_0}{-3\bar{c}_{\rho,i,1,k} \tilde{\rho} \alpha_{11} \mu_{i,0} + \bar{a}_{\rho,i,1,k} \tilde{\rho} \alpha_{11} \mu_{i,0} - 2\Delta y \alpha_{12}}.$$

$$\rho_{i,M,k}^{n+2/3} = \frac{-2\Delta y \beta_{12} \rho_0 - (\bar{\beta}_{\rho,i,M-2,k} + \bar{\alpha}_{\rho,i,M-2,k} \bar{\beta}_{\rho,i,M-1,k} - 4\bar{\beta}_{\rho,i,M-1,k}) \tilde{\rho} \beta_{11} \mu_{i,M}}{-2\Delta y \beta_{12} + (\bar{\alpha}_{\rho,i,M-2,k} \bar{\alpha}_{\rho,i,M-1,k} - 4\bar{\alpha}_{\rho,i,M-1,k} + 3) \tilde{\rho} \beta_{11} \mu_{i,M}}.$$

Oz yo‘nalish uchun:

$$\bar{\bar{a}}_{\rho,i,j,k} \rho_{i,j,k-1}^{n+1} - \bar{\bar{b}}_{\rho,i,j,k} \rho_{i,j,k}^{n+1} + \bar{\bar{c}}_{\rho,i,j,k} \rho_{i,j,k+1}^{n+1} = -\bar{\bar{d}}_{\rho,i,j,k}, \quad (9)$$

Bu yerda:

$$\bar{\bar{a}}_{\rho,i,j,k} = \frac{\kappa_{k-0,5}}{\Delta z^2} + \frac{w_{i,j,k-1}^{n+1}}{2\Delta z}; \quad \bar{\bar{b}}_{\rho,i,j,k} = \frac{\kappa_{k+0,5} + \kappa_{k-0,5} + w_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta z^2} + \frac{3}{2\Delta z} + \frac{3}{2\Delta t};$$

$$\bar{\bar{c}}_{\rho,i,j,k} = \frac{\kappa_{k+0,5}}{\Delta z^2} - \frac{3}{2\Delta t};$$

$$\bar{\bar{d}}_{\rho,i,j,k} = \left(\frac{3}{2\Delta t} - \frac{\mu_{i+0,5,j} + \mu_{i-0,5,j}}{\Delta x^2} - \frac{\mu_{i,j+0,5} + \mu_{i,j-0,5}}{\Delta y^2} - \frac{u_{i,j,k}^{n+2/3}}{\Delta x} - \frac{v_{i,j,k}^{n+2/3}}{\Delta y} - \frac{w_{i,j,k}^{n+2/3}}{2\Delta z} \right) \rho_{i,j,k}^{n+2/3} +$$

$$+ \frac{w_{i,j-1,k}^{n+2/3}}{2\Delta z} \rho_{i,j,k-1}^{n+2/3} + \frac{3}{2\Delta t} \rho_{i,j,k+1}^{n+2/3} + \left(\frac{\mu_{i-0,5,j}}{\Delta x^2} + \frac{u_{i-1,j,k}^{n+2/3}}{\Delta x} \right) \rho_{i-1,j,k}^{n+2/3} + \frac{\mu_{i+0,5,j}}{\Delta x^2} \rho_{i+1,j,k}^{n+2/3} +$$

$$+ \left(\frac{\mu_{i,j-0,5}}{\Delta y^2} + \frac{v_{i,j-1,k}^{n+2/3}}{\Delta y} \right) \rho_{i,j-1,k}^{n+2/3} + \frac{\mu_{i,j+0,5}}{\Delta y^2} \rho_{i,j+1,k}^{n+2/3} + \frac{1}{3} I_8.$$

$$\bar{\bar{\alpha}}_{\rho,i,j,0} = \frac{-4\bar{\bar{c}}_{\rho,i,j,1} + \bar{\bar{b}}_{\rho,i,j,1}}{-3\bar{\bar{c}}_{\rho,i,j,1} + \bar{\bar{a}}_{\rho,i,j,1}}; \quad \bar{\bar{\beta}}_{\rho,i,j,0} = \frac{-\bar{\bar{d}}_{\rho,i,j,1}}{-3\bar{\bar{c}}_{\rho,i,j,1} + \bar{\bar{a}}_{\rho,i,j,1}}.$$

$$\rho_{i,j,L}^{n+1} = \frac{4\bar{\bar{\beta}}_{\rho,i,j,L-1} - \bar{\bar{\beta}}_{\rho,i,j,L-2} - \bar{\bar{\alpha}}_{\rho,i,j,L-2} \bar{\bar{\beta}}_{\rho,i,j,L-1}}{\bar{\bar{\alpha}}_{\rho,i,j,L-2} \bar{\bar{\alpha}}_{\rho,i,j,L-1} - 4\bar{\bar{\alpha}}_{\rho,i,j,L-1} + 3}.$$

Xulosa

Zararli moddalar zichligining qiymatlarini hisoblovchi matematik modelni yechish uchun vaqtga nisbatan ikkinchi tartibli approksimatsiyani qo‘llagan

holda oshkormas sxemadan foydalanib sonli algoritmi ishlab chiqildi.

Zararli moddalar zichligining qiymatlari vaqtning turli momentlarida va hududning turli nuqtalarida har hil bo‘lishi hisoblash eksperimentlarida o‘z isbotini topdi.

Adabiyotlar

1. G. Naozuka, N. Romeiro, E. Cirilo, P. L. NATTI, and L. M. Doy Okamoto, “Numerical Simulation of Pollutant Dispersion in the Atmosphere,” Feb. 2018, doi: 10.26678/abcm.cobem2017.cob17-1519.
2. M. H. Askariyeh, S. Vallamsundar, and R. Farzaneh, “Investigating the Impact of Meteorological Conditions on Near-Road Pollutant Dispersion between Daytime and Nighttime Periods;” Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board, vol. 2672, no. 25, pp. 99–110, Sep. 2018, doi: 10.1177/0361198118796966.
3. Y. Fan and H. Gao, “Study of Wind Flow Patterns and Heavy Gas Pollutants Dispersion Under Isolated Building Terrain.” 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-498671/v1.
4. F. Muradov, and D. Akhmedov, “Numerical Modeling of Atmospheric Pollutants Dispersion Taking Into Account Particles Settling Velocity,” 2019 Int. Conf. on Inform. Sci. and Commun. Techno. (ICISCT 2019), Nov. 2019, pp. 1–5, doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9011915.
5. N. Ravshanov, F. Muradov, and D. Akhmedov, “Operator splitting method for numerical solving the atmospheric pollutant dispersion problem,” J. Phys.: Conf. Ser., vol. 1441, 2020, Art. no. 012164, doi: 10.1088/1742-6596/1441/1/012164.
6. N. Ravshanov, F. Muradov, and D. Akhmedov, “Mathematical software to study the harmful substances diffusion in the atmosphere,” Ponte, vol. 74, no. 8/1, 2018, pp. 171–179.
7. T. Shafiyev, G. Shadmanova, Kh. Karimova, and F. Muradov, “Nonlinear mathematical model and numerical algorithm for monitoring and predicting the concentration of harmful substances in the atmosphere,” E3S Web Conf., vol. 264, 2021, pp. 1–12, doi: 10.1051/e3sconf/202126401021.
8. Меньшов М.В. Математическое моделирование динамики распространения и осаждения полидисперсного аэрозольного образования в условиях пересеченного рельефа местности // Вестник СамГТУ. Серия Физ.-мат. наук. – 2007. – № 2 (15). – С. 176-178.

UO‘K 519.6+004.9:504.064

^{1,2}Muradov F.A., ³Kucharov O.R., ⁴Karshiyev D.A., ¹Eshboyeva N.F.

¹Raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti

²Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Samarqand filiali

³“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti

⁴Toshkent pediatriya tibbiyot instituti

ZARARLI MODDALARNING ATMOSFERADA KO‘CHISH VA TARQALISH JARAYONLARINI ISSIQLIK ENERGIYANI HISOBGA OLGAN HOLDA ISHLAB CHIQLGAN MODELNING SONLI ALGORITMI

Annotatsiya. Ushbu maqolada atmosferaning issiqlik energiyasining qiymatini hisoblovchi matematik model ishlab chiqilgan. Ushbu modelni vaqtning turli qiymatlarida va sohaning turli nuqtalarida hisoblovchi oshkormas ko‘rinishdagi vaqt va fazoviy o‘zgaruvchilarga nisbatan yuqori tartibli approksimatsiyani qo‘llagan holda chekli ayirmali usulni qo‘llagan holda sonli yechish algoritmi keltirilgan. Ushbu usulning asosiy afzalligi chekli ayirmali sxemani qo‘llaganimizda absolyut turg‘unlik sharti ta‘minlanadi hamda aniqlik darajasi vaqt va fazoviy o‘zgaruvchilarga nisbatan kvadratiga oshadi. Natijada yechim aniqligi oddiy chekli ayirmali usuldan 15-20 % atrofida samaradorlikka erishadi.

Kalit so‘zlar. Matematik model, zichlik, diffuziya, approksimatsiya, chekli ayirma, approssimatsiya.

Аннотация. В работе предложена математическая модель процесса распространения выбросов вредных примесей в атмосфере и численный алгоритм решения задачи определения значений концентрации частиц вредных веществ в атмосферном воздухе и на подстилающей поверхности. Вычислительный алгоритм основан на конечно-разностном методе с использованием аппроксимации высокого порядка по времени и пространственным переменным. Основное преимущество предложенного метода решения задачи состоит в том, что используемая неявная разностная схема абсолютно устойчива, а достигаемая точность решения примерно на 15-20% выше, по сравнению с обычными явными конечно-разностными схемами.

Ключевые слова. Математическая модель, плотность, диффузия, аппроксимация, конечная разность, аппроксимация.

Annotation. The paper proposes a mathematical model of the process of distribution of emissions of harmful impurities in the atmosphere and a numerical algorithm for solving the problem of determining the values of the concentration of particles of harmful substances in the atmospheric air and on the underlying surface. The computational algorithm is based on