УДК 532.54

Курбаналиев Абдыкерим рысбаевич, ф.-м.и.д., проф.,
Осконбаев Маралбек Чотоевич, ф.-м.и.к., доц.,o_manas@
Ош мамлекеттик университети,
Бердибекова Сырга Каныбековна, ст. преподаватель,
Ош Технологиялык университети

ОШ ШААРЫНДАГЫ АВТОУНААЛАРДАНЧЫККАН БУЛГООЧУ ЗАТТАРДЫ МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДЕШТИРҮҮНҮН УСУЛДАРЫ

Ош шаарындагы автотранспорттон чыккан зыяндуу газдардын шаардагы турак үйлөргө тийгизген таасирин математикалык моделдештирүүнүн усулдары каралган.

Негизги сөздөр: турбуленттик агым, туташуу коэффициенти, булгоочу заттар, моделдештирүү, озон, көмүр кычкыл газы, биосфера.

Курaналиев Абдыкерим Ырысбаевич, д.ф.-м.н., проф.,
Осконбаев Маралбек Чотоевич, к.ф.-м.н., доцент,
Ошский государственный университет,
Бердибекова Сырга Каныбековна, ст. преподаватель,
Ошский Технологический университет

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВТОТРАНСПОРТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ВГОРОДЕ ОШ

Рассмотрены методы математического моделирования воздействия вредных веществ выделяемых автотранспортом на городские застройки.

Ключевые слова:турбуленттые течения, коэффициент замыкание, загрязняющие вещества, моделирование, озон, углокислый газ, биосфера.

Kurbanaliev Abdikerim Irisbaevich, C.Ph.-M.S., prof.,
Oskonbaev Maralbek Chotoevich, C.Ph.-M.S., assoc. prof.,
Osh state university,
Berdibekova Sirga Kanibekovna, senior lecturer,
Osh Technological University

METHODS OF MATHEMATICAL MODELING OF MOTOR VEHICLES CONTAMINATING SUBSTANCES INCITY OF OSH

The methods of mathematical modeling of the effects of harmful motor vehicles on urban buildings are considered

Key words: turbulent flows, closure coefficient, pollutants, modeling, ozone, carbon dioxide, biosphere

Изилдөөнүн актуалдуулугу: Адамдын айлана чөйрө менен өзө ара аракеттенишүүсү мезгилдин жаңы активдүү өнүгүүчү аймагына айланууда. Бул көйгөйдү үйрөнүү үчүн математикалык моделдештирүү усулун пайдалануу заманбап актуалдуу маселе. Өндүрүштүн жана энергетиканын өнүгүшү Кыргыз Республикасындагы жападан жалгыз транспорттун түрү болгон (поезд жана аба транспортторунун үлүшү өтө аз) автомобилдердин көбөйүшү биосферанын

антропогендик булгануусуна алып келет. Эгерде XX кылымдын биринчи жарымында биосферанын бузулуусу табигый жаратылыштагы процесстер менен байланышкан болсо, XXI кылымдын башталышында эле адамзаттын ишмердүүлүгү биосферадагы экологиялык кризисти пайда кылып жатат.

Дүйнөдөгү эң чоң, бай жана өндүрүшү өнүккөн өлкөлөр болгон АКШ менен Россия федерациясындагы биосферанын бузулуусу 1-таблицада берилген:

1-таблица

Булгоочу заттардын көрсөткүчү

№	Биосфераны булгоочу заттар	АКШ	Россия
1.	Түстүү жана кара металлды өндүрүүчү ишкана, нефти өндүрүү	15%	30%
2.	Автотранспорт	50%	40%
3.	Жылуулук энергетикасы (ТЭЦ)	20%	30%
4.	Катуу калдыктарды жагуу	5%	-
5.	Башка булгоочу булактар	10%	-

1-таблицадан көрүнүп тургандай 50% жакыны булгоочу заттар (БЗ) автомобилдик транспортко тиешелүү.

Мына ошондуктан шаарлардагы БЗды анализдөө үчүн илим изилдөөнүн орду, математикалык моделин түзүп, программалар менен камсыздоо актуалдуу маселе болуп эсептелет [1].

Изилдөөнүн максаты: Газдардын зыяндуулугун аныктоонун математикалык моделин пайдалануу жана моделдештирүүнүн түрдүү усулдарын пайдалануу.

Изилдөө обьектиси: Ош шаарындагы көп кабаттуу үйлөр.

Изилдөөнүн негизги маселеси: Шаардагы булгоочу газдардын зыяндуулугун математикалык моделдештирүүнүн усулдарынын өзгөчөлүгүн аныктоо.

Адистердин баалоосу боюнча дүйнөдөгү көмүр кычкыл газынын бөлүнүшү 10 миллиард тонна көмүртекке эквиваленттүү деп эсептешет, анда анын ичинен 8.5 миллиард тонна ичинен күйүүчү кыймылдаткычтардын бөлүнүп чыгат. Мисалы Кытайда көмүр кычкыл газы 1.8 миллиард тонна, АКШда 1.59 миллиард тонна, Россияда 432 миллион тонна жана Индияда 430 миллион тонна бөлүнөрү аныкталган [1].

Туташ чөйрөдөгү кыймылдын теңдемеси. Гидродинамикадан бизге белгилүү суюктуктардын кыймылын эки жол менен үйронобүз:

1. Лагранждын методу
2. Эйлердин методу [3-4]

Лагранждын методунда чексиз кичине көлөмдөгү суюктук өтө көптөгөн сандагы суюк бөлүкчөлөрдөн – материалдык точкалардан турат деп элестетилет. Суюктуктун бөлүкчөлөрүнүн кыймылына теориялык механиканын методдорун колдонууга болот. Суюктуктун ар бир точкасынын баштапкы координатасын жана каалаган убакыттагы ылдамдыгы менен ылдамдануусунун маанилерин так аныктоого болот. Бул метод диффузия процессин, бир өлчөмдүү бир тектүү агымдарды эсптөөдө пайдаланууга болот. Ал эми калган учурларда татаал эсептөөлөр менен коштолот.

Эйлердин методунда мейкиндиктин каалаган бөлүгүндө агымдын убакыттан болгон көз карандылык мүнөзү берилет. Мисалы стационардуу эмес суюктуктун агымын караган учурда ылдамдык векторунун талаасы төмөндөгүдөй функция түрүндө аныкталат: $\vec{u} = \vec{u}(x, y, z, t)$ Мындан сырткары эксперименталдык приборлордун көпчүлүгү кыймылсыз, ошондуктан суюктуктун агымынын мүнөзүн Эйлердин усулу менен аныктоого болот.Механикадагы суюктуктардын жана газдардын фундаменталдык теңдемелери энергиянын, массанын жана импульстун универсалдуу закондоруна негизделген [2]. Суюктуктардын кыймылынын теңдемелерин келтирип чыгаруу үчүн кичинекей текшерилүүчү көлөмдү карап, ал көлөмдөгү агып жаткан

суюктук үчүн массанын, кыймыл санынын жана энергиянын сакталуу закондору аткарылат деп эсептөө зарыл.

Бир теңдеме менен моделдештирүү. Бул модель бир өзгөрүлмөлүү чоңдуктардын жардамында турбуленттүүлүктү түшүндүрүп, ташуунун дифференциалдык теңдемесинин жардамы менен берилет. Калган турбуленттүүлүктүн мүнөздөмөлөрү алгебралык же башка катыштар аркылуу байланышат.

Колмогоров-Прандтлдын модели. Ташуу эффектинин таасирин эске алуу үчүн u_t же l боюнча жалгыз дифференциалдык теңдемелерди чечүүнү сунуш кылышкан. Физикалык көз караштa u_t үчүн негизги масштаб турбуленттүүлүктүн кинетикалык энергиясы аркылуу аныктаган ыңгайлуу:

$$\mu_t = C_\mu^* \rho l \sqrt{k} \tag{1.1}$$

мында, C_μ^* - эмпирикалык функция, k - турбуленттүүлүктүн кинетикалык энергиясы жана төмөндөгүдөй аныкталат:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j k)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j} + \mu_t\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - C_D \rho \frac{k^{\frac{3}{2}}}{l} \tag{1.2}$$

мында, C_μ^* жана $- C_D$ моделдеширүү турактуулуктары.

Болдуин–Барстын модели. Турбуленттик илешимдүүлүктү табуу үчүн колдонулуучу модель. Ал жети моделдик коэффициенттен, үч эмпирикалык функциядан турат. Болдуин–Барстын [5] модели боюнчатурбуленттүүлүк илешимдүүлүк төмөндөгүдөй аныкталат:

$$\nu_t = \nu C_\mu \tilde{R}_T D_1 D_2 \tag{1.3}$$

Рейнольдс санынын турбуленттүүлүк теңдемеси үчүн жазылышы:

$$\frac{\partial(\nu\tilde{R}_T)}{\partial t} + u_i \frac{\partial(\nu\tilde{R}_T)}{\partial x_i} = \left(C_{\varepsilon 2} f_2 - C_{\varepsilon 1}\right)\sqrt{\nu\tilde{R}_T P} + \left(\nu + \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial^2 \nu\tilde{R}_T}{\partial x_j^2} + \frac{1}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \nu_T}{\partial x_j}\frac{\partial\left(\nu\tilde{R}_T\right)}{\partial x_j} \tag{1.4}$$

Туташуу коэффициенти жана кошумча катыштар:

$$c_{\varepsilon 1} = 1.2, \quad c_{\varepsilon 2} = 2.0, \quad c_\mu = 0.09, \quad A_0^+ = 26, \quad A_2^+ = 10, \kappa = 0.41;$$

$$\frac{1}{\sigma_\varepsilon} = \left(C_{\varepsilon 2} - C_{\varepsilon 1}\right)\frac{\sqrt{C_\mu}}{\kappa^2}; \qquad D_1 = 1 - \exp\left(-\frac{y^+}{A_0^+}\right);$$

$$D_2 = 1 - \exp\left(-\frac{y^+}{A_2^+}\right), \qquad P = \nu_T\left[\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{2}{3}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\right]; \tag{1.5}$$

$$f_2 = \frac{C_{\varepsilon 1}}{C_{\varepsilon 2}} + \left(1 - \frac{C_{\varepsilon 1}}{C_{\varepsilon 2}}\right)\left(\frac{1}{\kappa y^+} + D_1 D_2\right)\cdot$$

$$\left[\sqrt{D_1 D_2} + \frac{y^+}{\sqrt{D_1 D_2}}\left(\frac{D_2}{A_0^+}\exp\left(-\frac{y^+}{A_0^+}\right) + \frac{D_1}{A_2^+}\exp\left(-\frac{y^+}{A_2^+}\right)\right)\right]$$

Болдуин-Барстын модели башкарылуучу коэффициенттери жана функциялары жок болгондуктан жабык модел болуп саналат. Бул моделди каалагандай эле турбуленттик агымдар үчүн колдонууга болбойт.

Спаларт–Аллмарастын модели. Бул [7] Рейнольдс саны аз болгон класстагы модель. Алгач эки өлчөмдүү агымдарды моделдештирүү үчүн пайдаланылган. $k-\varepsilon$_ жана $k-\omega$ моделдерине салыштырмалуу Спаларт_Аллмарастын модели басымдын градиентин эсептегенде артыкчылыгын көргөзгөн. Спаларт-Аллмарасттын моделинин аныктоочу теңдемелери, кинематикалык турбуленттүү илешимдүүлүк үчүн төмөндөгүдөй:

$$\nu_t = \tilde{\nu} f_{\nu 1} \tag{1.6}$$

Турбуленттүү илешимдүүлүк теңдемеси:

$$\frac{\partial\tilde{\nu}}{\partial t} = \overline{u}_j \frac{\partial\tilde{\nu}}{\partial x_j} = c_{b1}\tilde{S}\tilde{\nu} - c_{\omega 1} f_{\omega}\left(\frac{\tilde{\nu}}{d}\right)^2 + \frac{1}{\sigma}\frac{\partial}{\partial x_k}\left[\left(\nu+\tilde{\nu}\right)\frac{\partial\tilde{\nu}}{\partial x_k}\right] + \frac{c_{b2}}{\sigma}\frac{\partial\tilde{\nu}}{\partial x_k}\frac{\partial\tilde{\nu}}{\partial x_k} \tag{1.7}$$

Туташуу коэффициенттер жана кошумча катыштар:

$$c_{b1} = 0.1355, \quad c_{b2} = 0.622, \quad c_{\nu 1} = 7.1, \quad \sigma = 2/3$$
$$c_{\omega 1} = \frac{c_{b1}}{\kappa^2} + \frac{1+c_{b2}}{\sigma}; \quad c_{\omega 2} = 0.3, \quad c_{\omega 3} = 2.0, \quad \kappa = 0.41 \tag{1.8}$$

$$\begin{cases} \chi = \frac{\tilde{\nu}}{\nu};\ f_{\nu 1} = \frac{\chi^3}{\chi^3 + c_{\nu 1}^3};\ f_{\nu 2} = 1 - \frac{\chi}{1+\chi f_{\nu 1}};\ f_{\omega} = \left[\frac{1+c_{\omega 3}^6}{g^6 + c_{\omega .3}^6}\right]^{1/6}; \\ g = r + c_{\omega 2}(r^6 - r);\ r = \frac{\tilde{\nu}}{\tilde{S}\kappa^2 d^2};\ \tilde{S} = S + \frac{\tilde{\nu}}{\kappa^2 d^2} f_{\nu 2};\ S = 2\sqrt{\Omega_{ij}\Omega_{ij}}; \end{cases} \tag{1.9}$$

мында, d – жакынкы дубалга чейинки аралык, Ω_{ij} – айлануу тензору.

Спаларт–Аллмарастын моделин колдонуу тажрыйбасы, анын реалдуу мүмкүнчүлүгүнө караганда дагы кеңири экендигин көрсөттү. Мындан сырткары ток сызыктарынын ийрилерине жана айлануусуна түзөтүүлөрдү киргизгенден кийин, моделди колдонуу чеги кеңейди. Бул модел көптөгөн инженердик тиркемелерде канааттандырарлык деңгээлде пайдаланылат. Спаларт-Аллмарастын модели самолеттордогу, автомобилдердеги абанын өтүү жөндөмдүүлүгүн эсептөөдө кеңири колдонулат. Андан сырткары LES менен бирге эле гибриддик моделдерде дагы колдонулат.

Ошентип, бир теңдеме менен моделдештирүүдө кысылуучулук коэффициентин, ток сызыктарынын ийрилигин жана агымдын үзүндүсүн эске алып турбуленттик агымды моделдештирүүдө жакшы натыйжа алууга болот.

Адабияттар:

1. **Дмитриев М.Г.** Атмосфера городов [Текст] // М.: Знание, 1983, 66 с.
2. **Волков К.Н.** Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений [Текст] / В.Н. Емельянов // М.: Физматлит, 2008. –368с.
3. **Лойцянский Л.Г.** Механика жидкости и газа [Текст] // М., Дрофа, 2003. –840с.
4. **Седов Л.И.** Механика сплошной среды. [Текст] // Т. 2. –М.: Наука, 1970. –568с.
5. **Baldwin B.S.** A One-equation Turbulence Transport Model for High Reynolds Number Wall-bounded Flows. [Text] / T.J. Barth // AIAA Paper 91–0610. –1991.
6. **Ferziger J.H.** Computational Methods for Fluid Dynamics. [Текст] / M. Peric // Berlin: Springer Verlag, 2002. –423p.
7. **Spalart P.R.** A one-equation Turbulence Model for Aerodynamic Flows [Текст] S.R.Allmaras // AIAA Paper 92–0439. –1992.