

GTAXP 28.15.19

[https://doi.org 10.53364/24138614_2024_33_2_8](https://doi.org/10.53364/24138614_2024_33_2_8)¹Ш.Қ. Әкімбай*

Азаматтық авиация академиясы, Алматы қ., Қазақстан

*E-mail: akimbay.sh@gmail.com

АВТОМОБИЛЬДІ НЕЙТРАЛИЗАТОРДА ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРДЫ ТАЗАЛАУ КЕЗІНДЕ ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Қазақстанда жыл сайын шамамен 5-7 миллион тонна ластаушы заттар түзіледі, оның шамамен үштен бірі көлікпен байланысты. Сонымен қатар, Қазақстанның қалалық су алаптарындағы атмосфералық ауаның ластануы металлургиялық, мұнай өңдеуші және химия өнеркәсібі кәсіпорындарының, көлік құралдары мен теміржол көлігінің ластаушы заттардың шығарындыларынан туындайды. Көлік құралдары шығаратын улы заттар жердің атмосферасына, су айдындарына, топырақ пен биосфераға кері әсерін тигізеді. Қазіргі уақытта автомобиль қозғалтқышы бір килограмм бензинді жағу кезінде шамамен 3 кг атмосфералық оттегін жұмсайды. Әрбір автомобиль сағатына 60 м³ газ бөлсе, жүк көлігі 120 м³ газды бөледі. Бұл заттар тірі организмдер үшін өте қауіпті және мәселенің шешімі бола алады.

Бұл жұмыстың мақсаты қазіргі заманғы бағдарламалау тілдері мен соңғы есептеу технологияларын пайдалана отырып, автомобиль бейтараптандырғыштарындағы тасымалдау процестерін математикалық және сандық модельдеу болып табылады. Мұндай мәселелерді шешу көліктердің пайдаланылған газдар мәселесін шешуге ерекше үлес қосады. Пайдаланылған газдарды тазарту міндеті автомобиль конвертерлеріндегі пайдаланылған газдардың каталитикалық тотығуын зерттеу болып табылады. Математикалық модель – дифференциалдық теңдеулер жүйесі. Бұл теңдеулер жүйесі автомобиль түрлендіргішіндегі компьютердің көмегімен шешіледі.

Түйін сөздер: қоршаған ортаны қорғау, пайдаланылған газдар, бейтараптандырғыш, жылу және масса алмасу, сандық әдіс.

Кіріспе. Автомобиль көлігі ауаны ластайтын негізгі көздердің бірі болып табылады. Автомобиль көлігі дамыған елдер арасында бірінші орында. Дегенмен, автоматтандырудың жылдамдығы мен көлемінің артуы осы процестің экологиялық және әлеуметтік осалдығына байланысты бірқатар маңызды сұрақтарды тудырады. Жыл сайын Қазақстанның ауасы шамамен 5-7 миллион

тонна зиянды заттармен ластанады, оның үштен біріне жуығы автокөліктерден келеді. Металлургия, мұнай өңдеу, химия өнеркәсібі, автомобиль және темір жол көлігінің ластануы да Қазақстан қалаларының ауа бассейнін шектен тыс ластауда. Көлік құралдары шығаратын улы заттар жердің атмосферасына, суына, топырағы мен биосферасына кері әсерін тигізеді. Қазіргі уақытта автокөлік қозғалтқышы жанған әрбір килограмм бензинге шамамен 3 кг атмосфералық оттегін жұмсайды. Бұл заттар тірі организмдер үшін өте қауіпті. Олардың көпшілігінде органикалық және бейорганикалық заттар, хлоридтер, улы және улы емес компоненттері бар газдар, автомобильдерді пайдалану және өндіру қалдықтары, мұнай өнімдері мен шандар бар. Осылайша, қозғалыс қарқындылығының жоғарылауымен қоршаған ортаға зиянды компоненттер үнемі жиналып, олардың әсерін арттырады. Мотор майының жану өнімдері жер бетінде жиналып, бүкіл аймаққа таралып, адамның тыныс алу жолдарына түседі. Пайдаланылған газдардың төмен уыттылығын қамтамасыз ету өте күрделі міндет болып табылады. Ол үшін өнеркәсіптік кәсіпорындар мен жол қозғалысын бақылау қызметтерінің бірлескен күшін жұмылдыру қажет.

Ластануды азайтудың бастапқы нүктесі қозғалтқыштың техникалық жағдайы болып табылады. Сенімді қозғалтқыштар отынды аз тұтынады және ауаның ластануын азайтады. Дегенмен, жанармай мен қосылу жүйелерінің тұрақтылығына да назар аудару керек.

Қазіргі уақытта жану жүйесін жетілдіру, қозғалтқыш цилиндріндегі отын айналымын өзгерту, қосымша қондырғыларды орнату және пайдаланылған газдардағы зиянды бөлшектердің мөлшерін азайту арқылы қозғалтқыштарды жетілдіру бойынша зерттеулер мен тәжірибелер жүргізілуде. Осыған байланысты жоғары тұрақтылықпен және жоғары тұтану жылдамдығымен сипатталатын электронды тұтануды пайдалану қажет.

Қозғалтқыш конструкциясында, жұмыс процестерінде, өндіріс технологиясы мен іштен жанатын қозғалтқыш жүйесінде арнайы түзетулер мен өзгертулер; отынның әртүрлі түрлерін пайдалану немесе отын материалдарының физикалық-химиялық қасиеттерінің өзгеруі; пайдаланылған газдарды зиянды компоненттерден тазарту; улылығы аз қозғалтқыштармен ауыстыру.

Жоғарыда аталған барлық құрылымдық реформалардың оң жақтарын ескерсек те, мәселені тиімді шешу мүмкін емес екенін мойындау керек. Сондықтан улы газдарды тазарту үшін әртүрлі бейтараптандырғыштарды қолдану өте маңызды.

Бейтараптандырғыштар – жанғыш материалдарды жағу және азотты, азот оксидтерін және оттегі оксидтерін бөлу арқылы пайдаланылған газдардың уыттылығын төмендетуге арналған шағын реакторлар [1]. Түрлендіргіштер термиялық, каталитикалық, сұйық, механикалық немесе аралас болуы мүмкін. Көмірқышқыл газының көмірқышқыл газына термоэлектрлік айналу процесі қанықпаған көмірсутектер мен альдегидтердің цилиндрде жануын қамтиды.

Тотығу температурасы 500-6000°С-қа жетеді, ал көмірсутектер мен көмірқышқыл газы екі-үш есе азаяды [2].

1. Негізгі бөлім. Есептің қойылымы және математикалық моделі

Автомобильдік бейтараптандырғыштағы жылу және масса алмасу процестерін сипаттайтын температура мен концентрацияның жартылай туындылардағы стационарлық емес теңдеулер жүйесі қарастырылады:

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{U}{\varepsilon} \frac{\partial T}{\partial x} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + Q \\ \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{U}{\varepsilon} \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \rho \beta a C \end{cases} \quad (1)$$

T – температура, C – концентрация, a – жылу өткізгіштік коэффициенті, ρ – тығыздығы, ε - кеуекті орталардың сипаттамасы

$$Q = q\rho\beta aC$$

Бастапқы шарттар:

$$T|_{t=0} = 0$$

$$C|_{t=0} = 1$$

Шекаралық шарттар:

$$T|_{x=0} = 1$$

$$C|_{x=0} = 1$$

$$\frac{\partial T}{\partial x}|_{x=L} = 0$$

$$\frac{\partial C}{\partial x}|_{x=L} = 0$$

2. Есепті шешу әдісі және сандық модельдеу

Теңдеулер жүйесін итерациялық әдіспен сандық шешу үшін айқын схема қолданылады:

$$\frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\Delta t} + \frac{U}{\varepsilon} \frac{C_{i+1}^n - C_{i-1}^n}{2\Delta x} = D \frac{C_{i+1}^n - 2C_i^n + C_{i-1}^n}{\Delta x^2} - \rho\beta a C_i^n$$

$$C_i^{n+1} = C_i^n + \Delta t \left\{ D \frac{C_{i+1}^n - 2C_i^n + C_{i-1}^n}{\Delta x^2} - \rho\beta a C_i^n - \frac{U}{\varepsilon} \frac{C_{i+1}^n - C_{i-1}^n}{2\Delta x} \right\}$$

$$i = \overline{1, L-1}$$

$C_i^n = 1$ - концентрация теңдеуінің бастапқы шарты

$$C_i^n = 1$$

$C_0^{n+1} = 1$ - бірінші шекаралық шарт.

$$\frac{C_L^{n+1} - C_{L-1}^{n+1}}{\Delta x} = 0$$

$C_L^{n+1} = C_{L-1}^{n+1}$ - екінші шекаралық шарт.

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} + \frac{U}{\varepsilon} \frac{T_{i+1}^n - T_{i-1}^n}{2\Delta x} = a \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{\Delta x^2} + q\rho\beta a C$$

$$T_i^{n+1} = T_i^n + \Delta t \left\{ a \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{\Delta x^2} + q\rho\beta a C - \frac{U}{\varepsilon} \frac{T_{i+1}^n - T_{i-1}^n}{2\Delta x} \right\}$$

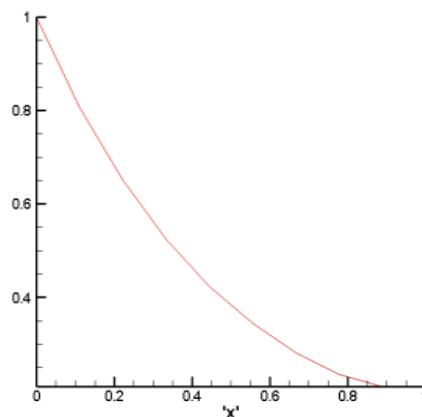
$$i = \overline{1, L-1}$$

$T_i^n = 0$ - температура теңдеуінің бастапқы шарты

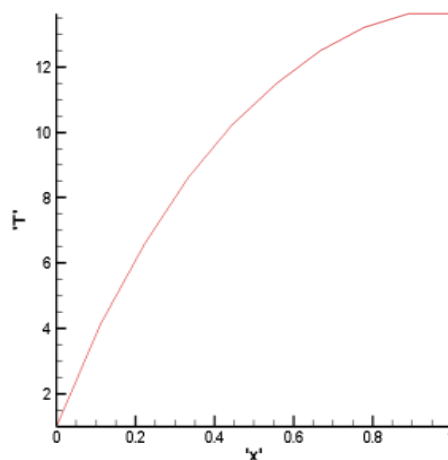
$$T_0^{n+1} = 1$$

$$\frac{T_L^{n+1} - T_{L-1}^{n+1}}{\Delta x} = 0$$

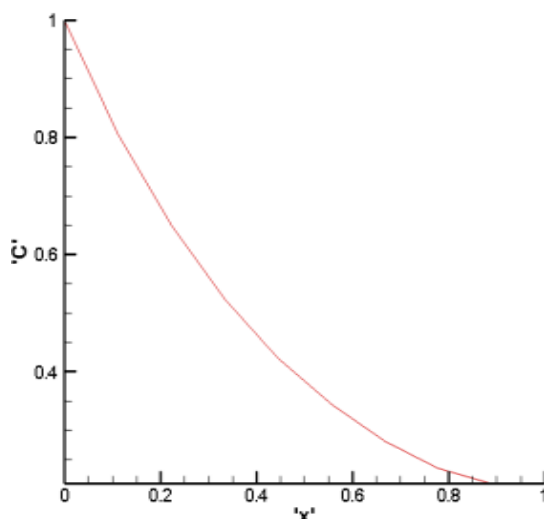
3. Сандық модельдеу нәтижелері



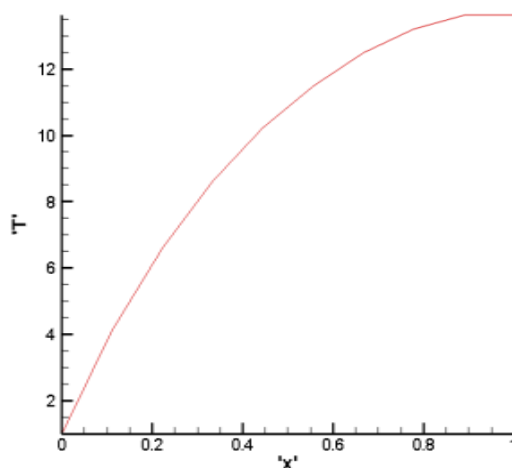
Сурет 1. Концентрация профілі (айқын схема, итерациялық әдіс)



Сурет 2. Температура профілі (айқын схема, итерациялық әдіс)



Сурет 3. Концентрация профилі (айқын емес схема, прогонка әдісі)



Сурет 4. Температура профилі (айқын емес схема, прогонка әдісі)

Қорытынды. Адамның қалыпты ортасын құру және қолайсыз антропогендік әсерлердің алдын алу үшін қоршаған орта сапасының стандарттары негізінде шешімдер қабылданатындай елде қалыпты экологиялық жағдайды қамтамасыз ету қажет.

Бұл жұмыста автомобильдердің шығарындыларын тазалау процестерін математикалық және сандық модельдеу, C++ бағдарламалау тілінде есептеу алгоритмдері мен программалық кодтарды құру және өңдеу жүзеге асырылды.

Жұмыстың нәтижесі газды тазалау процесін барынша анық сипаттайтын C++ бағдарламалау тілінде жазылған программалық код болып табылады. Барлық модульдер бір ортада түзетіледі, құрастырылады және жүзеге асырылады.

Берілген синхронды теңдеулердің сандық шешімі C++ программалау тілінде жүзеге асырылды, ал нәтижелер TECPLOT графикалық редакторында алынды [3 - 5].

Ш.К. Акимбай

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ПРИ ОЧИСТКЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ В АВТОМОБИЛЬНОМ НЕЙТРАЛИЗАТОРЕ

Аннотация. Ежегодно в Казахстане образуется около 5-7 миллионов тонн загрязняющих веществ, примерно одна треть которых связана с транспортом. Кроме того, загрязнение воздуха на городских водосборах Казахстана обусловлено выбросами загрязняющих веществ от металлургических, нефтеперерабатывающих и химических предприятий, автотранспорта и железнодорожного транспорта. Токсичные вещества, выбрасываемые автотранспортом, оказывают негативное воздействие на атмосферу, водоемы, почву и биосферу Земли. В настоящее время автомобильный двигатель при сгорании одного килолитра бензина потребляет около 3 кг атмосферного кислорода. Каждый автомобиль выбрасывает 60 м³ газа в час, а каждый грузовой транспорт - 120 м³. Эти вещества очень опасны для живых организмов и могут стать решением проблемы.

Целью данной работы является математическое и численное моделирование процессов переноса в автомобильных нейтрализаторах с использованием современных языков программирования и новейших вычислительных технологий. Решение подобных задач вносит особый вклад в решение проблемы выхлопных газов автомобилей. Задача очистки выхлопных газов заключается в исследовании каталитического окисления выхлопных газов в автомобильных нейтрализаторах. Математическая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений. Эта система уравнений решается с помощью компьютера в автомобильном нейтрализаторе.

Ключевые слова: нейтрализатор, каталитический нейтрализатор, итерационный метод, метод прогонки.

Sh.K.Akimbay

MATHEMATICAL AND NUMERICAL MODELING OF TRANSFER PROCESSES IN THE CLEANING OF EXHAUST GASES IN AN AUTOMOBILE NEUTRALIZER

Abstract. Annually, Kazakhstan generates about 5-7 million tons of pollutants, about one third of which are related to transport. In addition, air pollution in urban catchments of Kazakhstan is caused by pollutant emissions from metallurgical, oil refining and chemical enterprises, motor vehicles and railway transport. Toxic substances emitted by motor vehicles have a negative impact on the atmosphere, water bodies, soil and the Earth's biosphere. Currently, a car engine consumes about 3 kg of

atmospheric oxygen when burning one kiloliter of gasoline. Each car emits 60 m³ of gas per hour, and each truck - 120 m³. These substances are very dangerous for living organisms and can be a solution to the problem.

The purpose of this work is mathematical and numerical modeling of transfer processes in automobile neutralizers using modern programming languages and the latest computational technologies. The solution of such problems makes a special contribution to the problem of automobile exhaust gases. The task of exhaust gas treatment is to study the catalytic oxidation of exhaust gases in automobile neutralizers. The mathematical model is a system of differential equations. This system of equations is solved using a computer in an automotive neutralizer.

Key words: *protection of the environment, exhaust gases, neutralizer, heat and mass transfer, numerical method.*

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Ершин Ш.А., Балакаева Г.Т., Жапбасбаев У.К. Теория и расчет аппаратов каталитической очистки. – Алматы: КазГУ, 1997. – 227 с.
2. Попова Н.М. Катализаторы очистки выхлопных газов автотранспорта. – Алма-Ата: Наука, 1987. - 224 с.
3. Балакаева Г.Т. и др. Прикладная информатика – Алматы, «Қазақ университеті», 2006, - 298 стр.
4. Ортега Дж., Пул У. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1986. – 288 с
5. P.A. Lee, C. Phillips The Apprentice C++ Programmer. Tomson Computer Press, 1999
6. Tecplot руководство // Tecplot Focus [Электронный ресурс]. URL: <http://jamesettsherman.blogas.lt/tecplot-руководство-61.html>

References

1. Ershin Sh.A., Balakaeva G.T., Japbasbaev U.K. Teoriya i raschet apparatov kataliticheskoi ochistki. –Almaty: KazGU, 1997. –227 s.
2. Popova N.M. Katalizatory ochistki vyhlopyh gazov avtotransporta. –Alma-Ata: Nauka, 1987. -224 s.
3. Balakaeva G.T. i dr. Prikladnaya informatika – Almaty, «Qazaq universiteti», 2006, - 298 str.
4. Ortega Dj., Pyl U. Vvedenie v chislennye metody resheniya differentsialnyh uravneniy. – M.: Nauka, 1986. – 288 s
5. P.A. Lee, C. Phillips The Apprentice C++ Programmer. Tomson Computer Press, 1999
6. Tecplot rukovodstvo // Tecplot Focus [Elektronnyy resurs]. URL: <http://jamesettsherman.blogas.lt/tecplot-rukovodstvo-61.html>

Әкімбай Шырын Қадылқызы	Магистр естественных наук, сениор лектор, Академия Гражданской Авиации, г. Алматы, 050039, РК, E-mail: akimbay.sh@gmail.com
Әкімбай Шырын Қадылқызы	Жаратылыстану ғылымдарының магистрі, сениор лектор, Азаматтық Авиация Академиясы, Алматы қаласы, 050039, ҚР, E-mail: akimbay.sh@gmail.com
Akimbay Shyryn	Master of Science, Senior Lecturer, Academy of Civil Aviation, Almaty, 050039, The Republic of Kazakhstan, E-mail: akimbay.sh@gmail.com