

## СИСТЕМНІ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ENVIRONMENTAL AND ENERGY SYSTEM RESEARCH

УДК 504.3.054

О.Є. Кофанов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### БАГАТОПАРАМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ СКЛАДУ І ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДИФІКОВАНИХ БІОКОМПОНЕНТОМ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ

*Досліджено фізико-хімічні властивості модифікованих оксигенатним біокомпонентом палив; встановлено залежності експлуатаційних і екологічних характеристик паливних композицій від біокомпоненту. Побудовано багатопараметричні математичні моделі, розроблено алгоритм і програмне забезпечення для реалізації авторської методики визначення складу, фізико-хімічних, експлуатаційних та екологічних показників модифікованих палив за даними фізико-хімічного аналізу бінарних систем. Доведено екологічну ефективність добавок оксигенатного біокомпоненту до традиційного дизельного палива завдяки досягненню зменшення димності відпрацьованих газів та скорочення викидів інших забруднюючих та небезпечних для здоров'я людини речовин.*

**Ключові слова:** фізико-хімічні властивості, біодизель, біокомпонент, математичні моделі, екологічна ефективність.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку України екологічна безпека країни стає невід'ємною складовою її національної безпеки. Критичного рівня сягає забруднення атмосферного повітря стаціонарними і пересувними джерелами викидів, особливо – автотранспортним і автодорожнім комплексами. При роботі дизельних двигунів в атмосферне повітря викидаються оксиди Карбону, Нітрогену, Сульфуру тощо, а також тверді дисперсні частинки (в основному частинки сажі) та інші забруднювачі. Максимальна концентрація шкідливих речовин (ШР) у місті поблизу автодоріг спостерігається у так звані години "пік", а також в районах щільної забудови, у дворах-колодязях тощо. Особливо небезпечними автотранспортні викиди є для дітей та мешканців будинків, розташованих поблизу жвавих автомагістралей.

**Постановка проблеми.** Основною причиною викидів ШР є неповне та нерівномірне згоряння моторного палива (МП) у камері згоряння (КЗ) двигуна. На склад відпрацьованих газів (ВГ) автомобіля впливає вид та якість пального, технічний стан автотранспортного засобу (АТЗ), режим його роботи, організація дорожнього руху автомагістралями міста тощо. Зокрема, для міських транспортних потоків характерними є низькі швидкості, рух у режимі "stop-and-go", а також часті гальмування й розгони, що спричинює роботу двигунів на неусталених теплових режимах і, як наслідок, підвищення токсичності ВГ. Проте навіть за усталених режимах викиди токсичних речовин двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) залишаються досить високими.

**Аналіз останніх досліджень.** Останніми роками багато вчених-дослідників у нашій країні та за її межами присвятили свої праці вивченню впливу автотранспорту на урбанізовані території та здоров'я людини, підвищенню його екологічності. Це, зокрема, такі вчені, як В. С. Бахарев, С. В. Бойченко, Г. О. Вайганг, С. О. Вамболь, В. В. Вамболь, А. Г. Говорун, Ю. Ф. Гутаревич, Б. М. Данилішин, О. І. Запорожець, В. С. Міщенко, Г. І. Рудько, В. О. Хрутьба, В. М. Шмандій, Р. Eastwood, V. Juric, J. Merksiz, I. A. Resitoglu та інші науковці. Процеси, що відбуваються у камері згоряння двигуна, та способи оптимізації окиснення палива досліджували А. І. Атамась, Ю. Ф. Гутаревич, В. А. Звонов, П. М. Каніло, В. М. Луканін, В. П. Матейчик, І. В. Парсаданов, Л. Д. Пляцук, С. В. Шапко, Y. Zhu тощо. Застосуванню альтернативних палив у ДВЗ присвячено роботи А. А. Александрова, А. І. Атамася, С. М. Девяніна, А. О. Корпача, В. П. Кухара, В. А. Маркова, А. П. Марченко, Н. Н. Патрахальцева, Л. К. Патриляка, Г. Л. Рябцева, В. Г. Семенова, А. I. Bangboye, M.-F. Chabrelie, J. I. Hileman, G. Knothe, D. Lome, A. Pandey, D. Rajagopal, R. W. Stratton, D. Zilberman та інших учених.

Біопаливо (БП) розглядається в Україні і світі як альтернатива традиційному нафтовому пальному [1]. В автомобільних двигунах застосовують або паливні бензинові суміші етанолу, зокрема, E5–E100 (для бензинових двигунів), або біодизель B2–B100 (для дизельних моторів). Літера "E" відповідає англійському слову "Ethanol", а "B" – "Biodiesel" (цифри поряд з літерами позначають, відповідно, відсоток етанолу та біодизелю на одиницю об'єму паливної суміші [2]).

Дослідники відмічають, що існує тісний зв'язок між інтенсивністю транспортних потоків і рівнем забруднення придорожніх територій міста. Зокрема при великій концентрації АТЗ концентрація ШР на тротуарах, як правило, значно

перевищує гранично допустимі норми (ГДК). Причому вплив автострою відчутний на відстані 1–2 км і розповсюджується на висоту до 300 і більше метрів. Шкідливий вплив токсикантів різко зростає влітку за високих температур і сонячної радіації, при температурних інверсіях тощо. Взимку при від'ємній температурі атмосферного повітря збільшується емісія ВГ та їх токсичність внаслідок необхідності прогріву холодного двигуна та через роботу АТЗ у несприятливих кліматичних умовах [4].

Отже, аналіз наукових праць дає змогу дійти висновку, що на сьогодні накопичилось багато невирішених проблем стосовно зменшення токсичного впливу з боку автотранспорту та застосування альтернативних моторних палив. Це зумовило актуальність досліджень у напрямку часткової заміни традиційного нафтового дизельного палива (ДП) на модифіковане оксигенатним біокомпонентом паливо.

**Метою роботи** є розробка заходів з підвищення рівня екологічної безпеки примагістральних територій міста шляхом модифікації моторного палива оксигенатним біокомпонентом (біодизелем).

**Викладення основного матеріалу.** У дослідженні фізико-хімічні властивості палив (густина, кінематична в'язкість, поверхневий натяг тощо), а також їх енергетичні та експлуатаційні характеристики (цетанове число (ЦЧ), дизельний індекс (ДІ), стехіометричний показник, теплота згоряння палива, період затримки його спалахування тощо) оцінювали як за стандартними методиками, так і розрахунковими методами [5–7]. Дослідження проводили на базі ГНДЛ "Реактор" ОКБ "Шторм" КПІ ім. Ігоря Сікорського. Визначали: кислотне число біодизельного (БДП) і модифікованих біокомпонентом палив; йодне число; температуру спалаху у закритому тиглі, а також фізико-хімічні характеристики досліджуваних палив – густину, кінематичну в'язкість, поверхневий натяг тощо. Усі палива перевірялись на корозійну стійкість, а також визначався вміст води, механічних домішок та ненасичених вуглеводнів, зольність тощо. Модифіковані біокомпонентом палива готували на біодизелі, одержаному в лабораторних умовах з ріпакової олії з частковим використанням відходів харчової промисловості (в основному відпрацьовані олії та фритюрні жири). Застосування такої сировини у Європі регулюється стандартом EN 14241.

Експериментально встановлено, що фізико-хімічні й експлуатаційні показники отриманого за експериментальною технологією БДП [8] відповідають вимогам вітчизняного стандарту і стандарту ЄС. Модифіковані оксигенатним біокомпонентом палива, що містять 0,5–30 % об. біодизелю, також відповідають чинному стандарту і можуть бути використані як МП без переналадження двигуна. Для доведення екологічності отриманих біопаливних композицій (об'ємна частка біодизелю  $\phi_{БДП} \leq 30\%$ ) проаналізуємо їх фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики.

Розрахунки, підбір адекватних математичних моделей виконувались у спеціально розробленому програмному комплексі "STC-DV-Modeler" v 1.3; графічний матеріал виконувався з використанням програм GNUPLOT та MS Excel. Напрямок зв'язку між досліджуваними величинами визначали за співвідношенням значень змінних: якщо при зростанні значень однієї змінної інша змінна зростає, то зв'язок між величинами прямий (і навпаки). Показником напрямку зв'язку слугує також знак коефіцієнта кореляції  $r$ . Тісноту зв'язку між ознаками визначали за коефіцієнтом кореляції  $r$  за шкалою Чеддока (з урахуванням середньої похибки апроксимації).

На рис. 1 наведено залежності густини  $d_{20}$ , кінематичної в'язкості  $\nu_{20}$  та поверхневого натягу  $\sigma_{20}$  модифікованого біокомпонентом ДП (20 °С) від складу бінарної паливної системи. Залежність густини досліджуваної бінарної системи від її складу має лінійний характер, що доводить, що густина підкоряється правилу адитивності. Апроксимаційне рівняння має вигляд:

$$d_{20} = 37,762x + 847,94 \quad (R^2 = 0,99), \quad (1)$$

де  $x$  – об'ємна частка БДП у паливній композиції.

Залежність кінематичної в'язкості бінарної паливної системи від її складу ( $x$ ) має експоненціальний характер, що повністю узгоджується з літературними даними. Апроксимаційне рівняння у напівлогарифмічних координатах має вигляд:

$$\lg \nu_{20} = 0,0947x + 0,8141 \quad (R^2 = 0,99). \quad (2)$$

Для коректної інтерпретації даних щодо в'язкості досліджуваної паливної системи та врахування зміни густини палива зі складом системи розраховано абсолютну (динамічну) в'язкість палив  $\eta_{20}$ , а також їх відносну  $\eta_{20}/\eta_{ДП}$  і питому (скореговану на в'язкість чистого ДП)  $(\eta_{20} - \eta_{ДП})/\eta_{ДП}$  в'язкості. Останні два показники дають змогу врахувати в'язкість 100 %-го дизельного палива і тим самим дослідити зміну в'язкості внаслідок модифікування палива оксигенатним біокомпонентом. Рівняння, що моделюють ці залежності, мають експоненціальний характер і досить високий коефіцієнт детермінації.

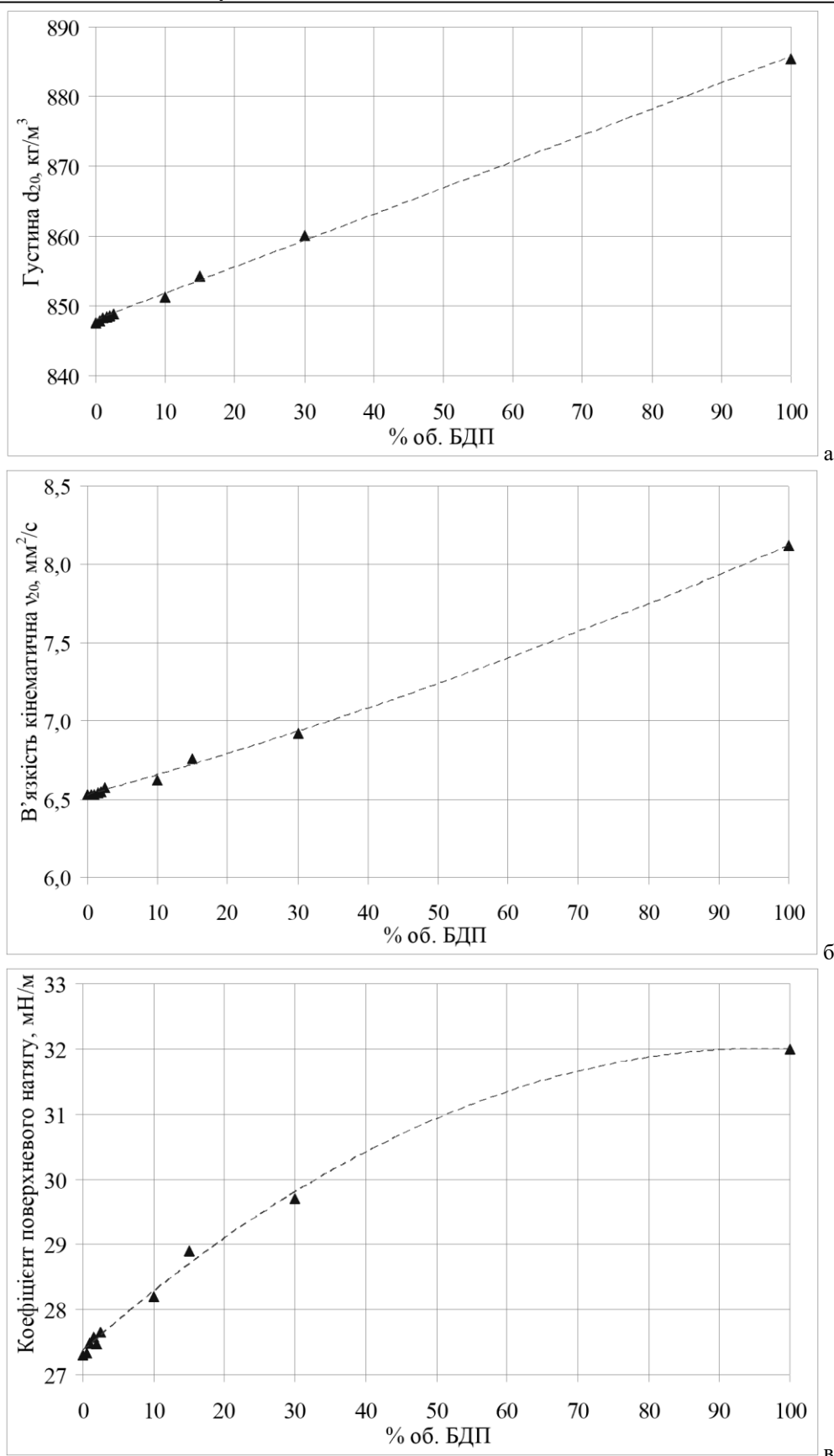


Рисунок 1 – Залежності: а) густини  $d_{20}$ , б) кінематичної в'язкості  $\nu_{20}$  і в) поверхневого натягу  $\sigma_{20}$  палива (20 °С) від складу паливної композиції.

Кінематична в'язкість чистого БДП у діапазоні температур 20÷40 °С перевищує в'язкість традиційного ДП приблизно у 1,2–1,5 рази. Зокрема, при температурі 40 °С (регламентується стандартом EN 14214-2003) в'язкість БДП становить 4,89 мм<sup>2</sup>/с, а в'язкість традиційного ДП при тій самій температурі – 4,01 мм<sup>2</sup>/с. Однак така різниця у значеннях в'язкості не є перешкодою для використання навіть 100 %-го біодизельного палива, тоді як для модифікованих оксигенатним біокомпонентом палив (об'ємна частка біодизеля  $\varphi_{\text{БДП}} \leq 30\%$ ) різниця у показниках набагато менша.

Коефіцієнт поверхневого натягу  $\sigma$  визначає здатність струї палива диспергуватися на краплини і відриватися від поверхні. Визначений при 20 °С поверхневий натяг чистого БДП  $\sigma_{\text{БДП}}$  виявляється дещо більшим за поверхневий натяг традиційного нафтового ДП  $\sigma_{\text{ДП}}$  (рис. 1в), а для модифікованих біокомпонентом паливних композицій величини  $\sigma$  незначно відрізняються від  $\sigma_{\text{ДП}}$ . Апроксимаційне рівняння досліджуваної залежності має вигляд поліному другої степені:

$$\sigma_{20} = -4,9944x^2 + 9,6331x + 27,359 \quad (R^2 = 0,99), \quad (3)$$

де  $x$  – об'ємна частка БДП у паливній композиції.

Фракційний склад БДП і модифікованої біокомпонентом паливної композиції перевіряли за результатами газорідинної хроматографії та оцінювали за результатами його дистиляції (перегонки за атмосферного тиску). На основі експериментальних даних побудована залежність ЦЧ палива від складу бінарної системи (рис. 2). Залежність має нелінійний характер і показує закономірне збільшення ЦЧ при переході від традиційного ДП до БДП. При цьому внаслідок збільшення ЦЧ палив зменшується період затримки запалювання, що позитивно впливає на процес горіння палива – сприяє більш плавному підвищенню тиску і збільшенню швидкості окиснення палива. Як наслідок, підвищується екологічність дизеля, зменшуються обсяги викидів чадного газу, твердих частинок, а також незгорілих вуглеводнів [9]. Апроксимаційне рівняння досліджуваної залежності має вигляд:

$$\text{ЦЧ} = 10,258x^2 + 3,6737x + 51,19 \quad (R^2 = 0,99), \quad (4)$$

де  $x$  – об'ємна частка БДП у паливній композиції.

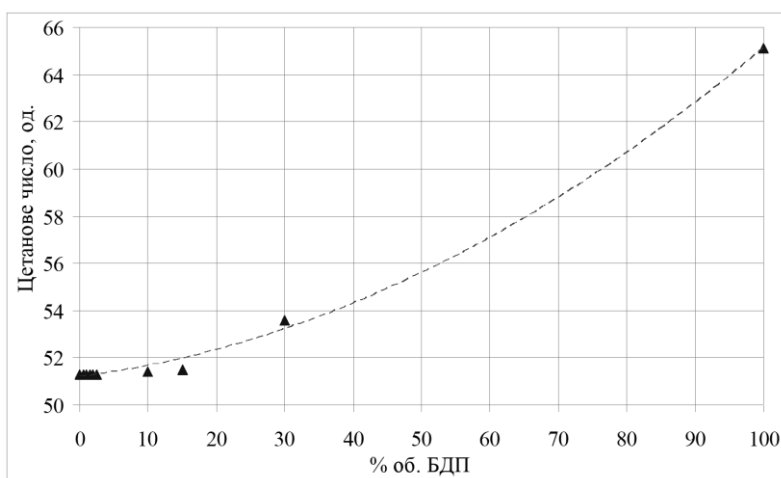


Рисунок 2 – Залежність ЦЧ від складу модифікованої біокомпонентом паливної суміші

У реальних умовах часто виникає проблема приготування паливних композицій, що містять БДП, оскільки точне дозування компонентів є складною задачею. Крім того, необхідно мати можливість швидко визначати та прогнозувати експлуатаційні й екологічні характеристики палива, модифікованого біокомпонентом. Побудуємо залежності кінематичної в'язкості (поверхневого натягу і ЦЧ) від густини модифікованої біопаливної композиції (рис. 3). У напівлогарифмічних координатах маємо лінійне апроксимаційне рівняння виду ( $d_{20}$  – густина паливної композиції, кг/м<sup>3</sup>, 20 °С):

$$\lg v_{20} = 0,0025d_{20} - 1,3095, \quad (R^2 = 0,99) \quad (5)$$

Отже, знаючи густину бінарної паливної системи (легко вимірювана характеристика), можна розрахунковим методом отримати значення в'язкості модифікованого палива (більш складна для експериментального визначення характеристика системи). За математичними регресійними моделями видно, що фізико-хімічні, експлуатаційні та екологічні показники МП мають сильний зв'язок з показником густини бінарної системи.

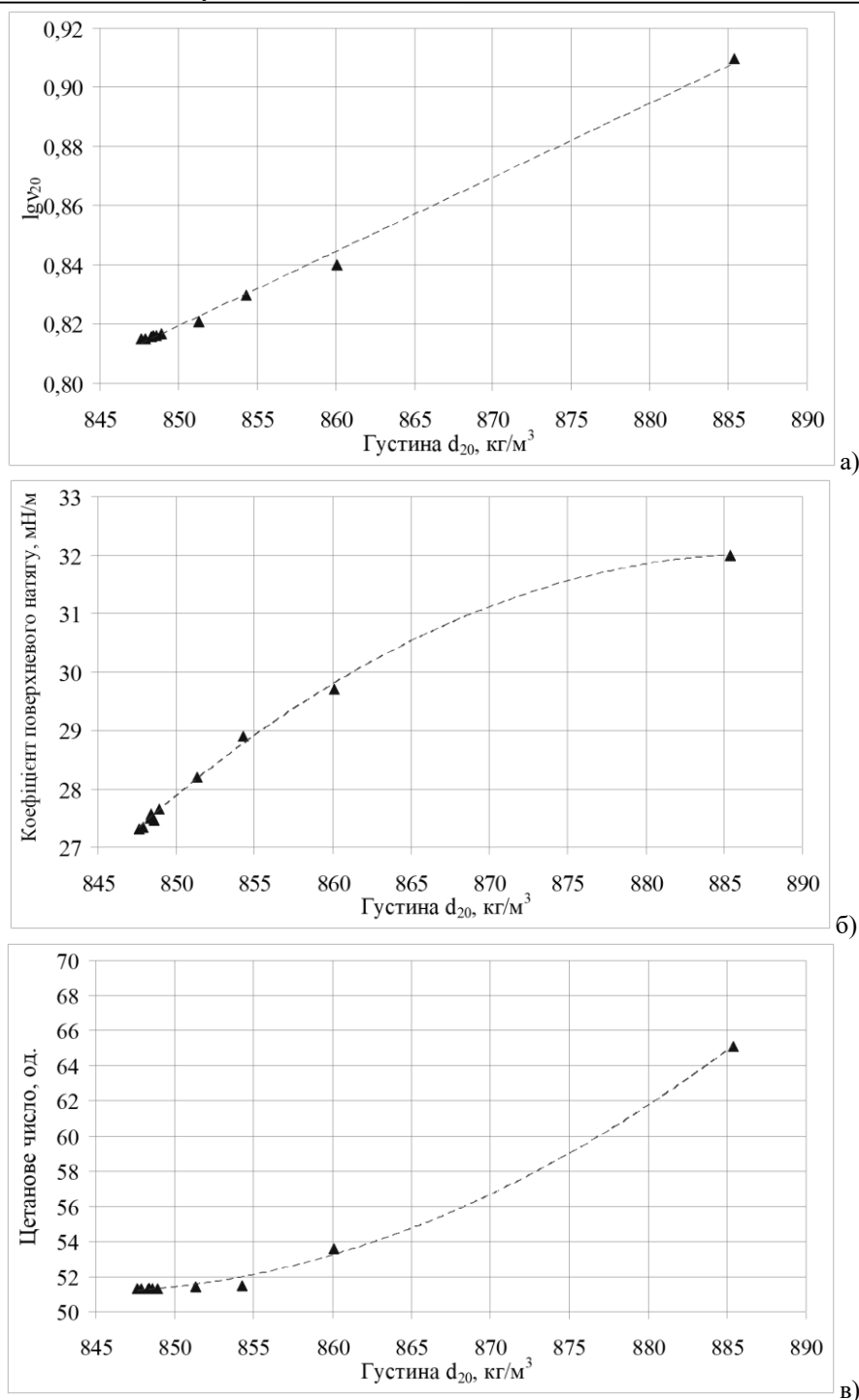


Рисунок 3 – Залежності: а)  $lgv_{20}$ , б) поверхневого натягу та в) ЦЧ бінарної паливної композиції, модифікованої біокомпонентом, від густини системи.

Нами побудовано двопараметричні денсиметрично-віскозиметричні моделі прогнозування експлуатаційних і екологічних характеристик паливної композиції, модифікованої оксигенатним біокомпонентом, а також моделі визначення цих показників за вимірюваннями густини і поверхневого натягу, густини, в'язкості та поверхневого натягу. Зокрема, залежність ЦЧ бінарної паливної системи, модифікованої біокомпонентом, від густини і десятичного логарифму кінематичної в'язкості системи (20 °C) описується лінійним модельним рівнянням з коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0,98$ :

$$\text{ЦЧ}(d_{20}; lgv_{20}) = -0,6286d_{20} + 396,01lgv_{20} + 261,34. \quad (6)$$

Графічно залежність показана на рис. 4.

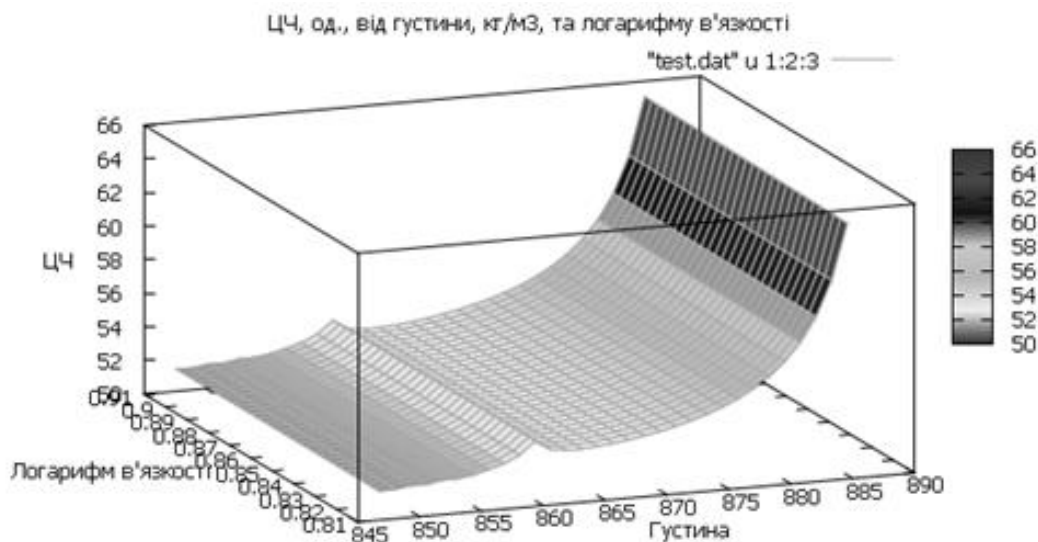


Рисунок 4 – Залежність ЦЧ бінарної паливної системи, модифікованої біокомпонентом, від густини і логарифму кінематичної в'язкості.

Для показника димності  $N$ , %, математичне рівняння має такий вигляд ( $R^2 = 0,93$ ):

$$N(d_{20}; \lg v_{20}) = -1,7416d_{20} + 624,47\lg v_{20} + 984,92. \quad (7)$$

а досліджувана залежність показана на рис.5.

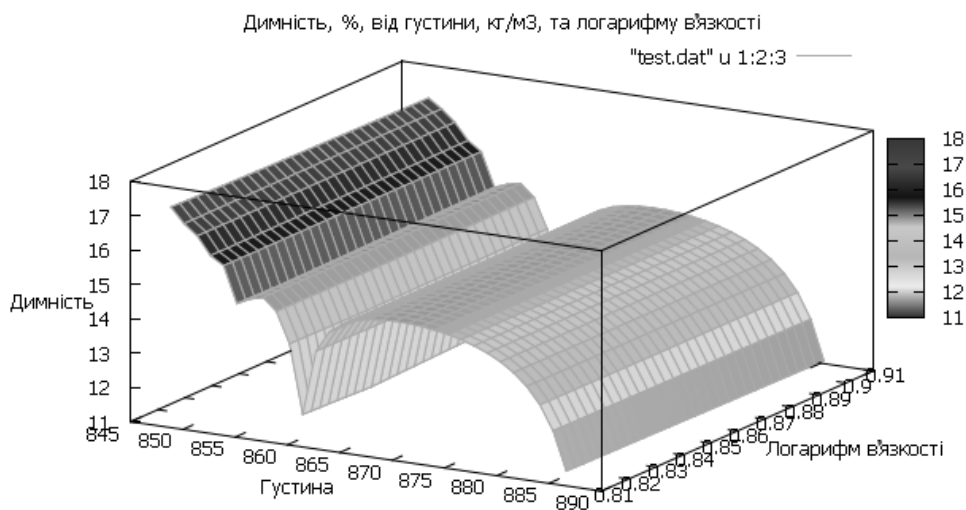


Рисунок 5 – Залежність димності ВГ, % ( $n = 3500 \text{ хв}^{-1}$ ) від густини,  $\text{кг/м}^3$ , і логарифму кінематичної в'язкості бінарної паливної системи.

### Висновки

Отже, дослідження показало, що заміна ДП на біодизель і паливні біокомпозиції (0,5÷30 % об. БДП) дає змогу суттєво покращити екологічні показники дизельного мотора. Застосування модифікованих біокомпонентом МП сприяє зменшенню екологічної небезпеки експлуатації дизельних двигунів за рахунок скорочення викидів чадного і вуглекислого газів (останнього – за рахунок зменшення вуглецевого числа), оксидів Сульфуру (БДП фактично не містить сполук Сульфуру) та зменшення димності тощо.

Індикаторні показники при роботі на ДП і модифікованих оксигенатами МП суттєво не відрізняються, проте питома витрата БП виявляється більшою за витрату нафтового пального, а ефективна потужність двигуна може знизитися на 7–10 % внаслідок меншої теплотворної здатності БП. Однак БП мають кращі мастильні властивості порівняно з ДП з низьким умістом Сульфуру, тому навіть незначні

його добавки позитивно вплинуть на умови експлуатації двигуна, зменшуючи рівень зношення деталей паливної апаратури. Завдяки наявності у складі біокомпоненту фосфоліпідів, які при підвищеній температурі робочого процесу здатні взаємодіяти з поверхнею металу і утворювати так звані "металеві мила", спостерігається запобігання зношенню поверхонь тертя.

Отже, використання модифікованих біокомпонентом моторних палив є не тільки екологічно доцільним, а й економічно виправданим.

#### Список використаної літератури

1. Кофанов А. Е. Альтернатива углеводородному топливу / А. Е. Кофанов, Д. Н. Степанов, Е. В. Кофанова, А. И. Василькевич // Тези ІХ Всеукр. наук. конф. студ., магістрів та аспірантів "Сучасні проблеми екології та геотехнологій". – Житомир : ЖДТУ, 2012. – С. 208.
2. Чупайленко О. А. Розвиток використання біопалива для автотранспорту в Україні [Електронний ресурс] / О. А. Чупайленко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. – 2014. – Вип. 13 (2). – С. 133–143. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Upsal\\_2014\\_13\(2\)\\_16.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Upsal_2014_13(2)_16.pdf). – Назва з екрана.
3. Гелетуха Г. Г. Место биоэнергетики в проекте обновленной энергетической стратегии Украины до 2030 года / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная [Ин-т технич. теплофизики НАН Украины] // Пром. теплотехника, 2013, т. 35, № 2. – С. 64–70.
4. Цыплакова Е. Г. Приборы и методы контроля и мониторинга воздействия автотранспорта на атмосферный воздух северных городов : дис. на соискание учен. степени доктора технич. наук : спец. 05.11.13 – приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий. – СПб, 2014. – 347 с.
5. Евдокимов А. Ю. Топлива и смазочные материалы на основе растительных и животных жиров / Евдокимов А. Ю., Фукс И. Г., Багдасаров Л. Н. – М. : ЦНИ-ИТЭИнефтехим, 1992. – № 5. – С. 7–9.
6. Бойченко С. В. Моторные топлива и масла для современной техники : монография / С. В. Бойченко, С. В. Иванов, В. Г. Бурлака. – К. : НАУ, 2005. – 216 с.
7. Хіммотологія : навч.-метод. посіб. / [С. В. Бойченко, Н. М. Кучма, В. В. Єфіменко, О. С. Тітова та ін.] – К. : Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 156 с.
8. Ресурсосберегающая малоотходная технология производства биодизельного топлива / Е. В. Кофанова, А. И. Василькевич, А. Е. Кофанов, Д. Н. Степанов // Горная механика и машиностроение : науч.-технич. журнал. – 2015. – № 2. – С. 96–102.
9. Корпач А. О. Возможности та перспективи використання біопалива в дизелях / А. О. Корпач, О. О. Левківський // Автошляховик України. – 2009. – № 12. – С. 156–158.

**O. Kofanov**

#### **National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" MULTIPARAMETRIC MODELS FOR PREDICTION OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF FUEL SYSTEMS MODIFIED BY BIOCOMPONENT**

*Today, bioenergy development and motor transport harmful emissions reduction are particularly important in the context of sustainable development of Ukraine. So, physical and chemical properties of fuels modified by biocomponent have been studied; the dependences between operational and environmental characteristics of fuel compositions and the biocomponent have been determined. Multiparametric mathematical models have been created; an algorithm and software have been developed in order to implement the author's methodology for the determining physical and chemical, operational and environmental parameters of modified fuels according to the physical and chemical analysis of binary systems.*

*The study has shown that the replacement of diesel with biodiesel and fuel biocompositions enables to improve the environmental performance of a diesel engine significantly. Application of the motor fuels modified by biocomponent allows to lower the environmental danger of diesel engines operation, in particular, by reducing carbon monoxide, carbon dioxide, sulfur oxides and smoke emissions.*

*Indicator indices for the engines working on the traditional diesel and modified motor fuels do not differ significantly, but the specific consumption of biodiesel is greater than the consumption of traditional fuels, and the effective engine power can decrease by 7–10 % due to lower calorific value of biodiesel. However, biofuel have better lubricating properties in comparison with the low Sulfur diesel fuel and thus, even minor additives will have a positive effect on the engine operating conditions, reducing the wear of the fuel equipment. Due to the presence of phospholipids in the composition of the biocomponent, which at the increased temperatures of the working process are able to interact with the metal surface and form so-called "metal soaps", the prevention of the friction surfaces wearing can be seen. Consequently, the use of the motor fuels modified by biocomponent is both environmentally and economically substantiated.*

**Keywords:** physical and chemical properties, biodiesel, biocomponent, mathematical models, environmental efficiency.

## References

- [1] A. E. Kofanov, D. N. Stepanov, E. V. Kofanova and A. I. Vasil'kevich, "Al'ternativa uglevodorodnomu toplivu [Alternative to the hydrocarbon fuel]", in *Tezi IX Vseukr. nauk. konf. stud., magistriv ta aspirantiv "Suchasni problemi ekologii ta geotekhnologii" [Theses of the IX All-Ukrainian scientific conference of students, masters and postgraduates "Modern problems of ecology and geotechnologies"]*, Zhytomyr, 2012, p. 208.
- [2] O. A. Chupaylenko, "Rozvytok vykorystannia biopalyva dlia avtotransportu v Ukraini [Development of the use of biopropellant for motor transport in Ukraine]", *Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka. Tekhnichna seriia [Project management, system analysis and logistics. Technical series]*, vol. 13, no. 2, pp. 133–143, 2014.
- [3] G. G. Geletukha and T. A. Zheleznaya, "Mesto bioenergetiki v proekte obnovennoy energeticheskoy strategii Ukrainy do 2030 goda [The place of bioenergy in the project of the renewed energy strategy of Ukraine until 2030]", *Prom. teplotekhnika [Industrial heat engineering]*, vol. 35, no. 2, pp. 64–70, 2013.
- [4] E. G. Tsyplakova, "Pribory i metody kontrolya i monitoringa vozdeystviya avtotransporta na atmosferynyy vozdukh severnykh gorodov [Instruments and methods of control and monitoring the impact of vehicles on the atmosphere of northern cities]", Doctor's degree, Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Natsional'nyy Mineral'no-Syr'evoy Universitet "Gornyy" [Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "National Mineral and Raw Material University "Gorny"]", 2014.
- [5] A. Yu. Evdokimov, I. G. Fuks and L. N. Bagdasarov, "Topliva i smazochnye materialy na osnove rastitel'nykh i zhivotnykh zhirov [Fuel and lubricants based on the vegetable and animal fats]", *TsNI-ITEIneftekhim*, no. 5, pp. 7–9, 1992.
- [6] S. V. Boychenko, S. V. Ivanov and V. G. Burlaka, *Motornye topliva i masla dlya sovremennoy tekhniki : monografiya [Motor fuels and oils for modern equipment: monograph]*. Kyiv: NAU, 2005, p. 216.
- [7] S. V. Boichenko, N. M. Kuchma, V. V. Yefymenko, O. S. Titova and others, *Khimotolohiia : navch.-metod. posib. [Chemmotology: a teaching manual]*. Kyiv: Knyzhkove vyd-vo NAU [Book Publishing House of NAU], 2006, p. 156.
- [8] Ye. V. Kofanova, A. I. Vasylykevich, A. Ye. Kofanov and D. N. Stepanov, "Resursosberegayushchaya malootkhodnaya tekhnologiya proizvodstva biodizel'nogo topliva [Resource-saving and low-waste biodiesel production technology]", *Gornaya mekhanika i mashinostroenie : nauch.-tekhnich. zhurnal [Mine Mechanical Engineering And Machine-Building : Scientific and Technical Journal]*, no. 2, pp. 96–102, 2015.
- [9] A. O. Korpach and O. O. Levkivskiy, "Mozhlyvosti ta perspektyvy vykorystannia biopalyva v dyzeliakh [Opportunities and perspectives of biofuel use in diesel engines]", *Avtoshliakhovyk Ukrainy [Highways of Ukraine]*, no. 12, pp. 156–158, 2009.

А.Е. Кофанов

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОКОМПОНЕНТОМ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ

Исследованы физико-химические свойства модифицированных оксигенатным биокomпонентом топлив; установлены зависимости эксплуатационных и экологических характеристик топливных композиций от биокomпонента. Построены многопараметрические математические модели, разработан алгоритм и программное обеспечение для реализации авторской методики определения физико-химических, эксплуатационных и экологических показателей модифицированных топлив по данным физико-химического анализа бинарных систем. Доказано экологическую эффективность применения добавок оксигенатного биокomпонента к традиционному дизельному топливу благодаря достижению уменьшения дымности отработавших газов и сокращения выбросов других загрязняющих и опасных для здоровья людей веществ.

**Ключевые слова:** физико-химические свойства, биодизель, биокomпонент, математические модели, экологическая эффективность.

Надійшла 19.12.2017

Received 19.12.2017