7. *Тютюнников Б.Н*. Технология жиров. Том 1 / *Б.Н. Тютюнников, Маркман А.Л*. – М. : Снабтехиздат, 1932. – 318 с.
8. *Тютюнников Б.Н*. Технология переработки жиров / *Б.Н. Тютюнников, П.В. Науменко, И.М. Товбин, Г.Г. Фаниев.* – М. : Пищевая промишленость, 1970. – с. 29-41.
9. *Файнберг Е.Е*. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий (рафинация и гидрогенизация жиров) / *Е.Е. Файнберг, И.М. Товбин, А.В. Луговой.* – М. : Лёгкая и пищевая промишленость, 1983. – 416 с.
10. *Щербаков В.Г*. Технология получения растительных масел / *В.Г. Щербаков*. – М. : Колос, 1992. – 206 с.

Проведен анализ технологий из производства растительных масел.

Растительное масло, технология, зерно, продукция.

The analysis of technologies is conducted from the production of vegetable butters.

Vegetable butter, technology, grain, products.

УДК 620.95

ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

В.В. Чуба, здобувач

Приведено результати аналізу регуляторних характеристик та екологічних показників роботи дизельного двигуна Д–65Н трактора ПМЗ-6 АКЛ при використанні дизельного палива, дизельного біопаливі на основі метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії, та застосування нагріву дизельного біопаливі перед впорском палива в циліндр двигуна.

Екологічні показники, дизельний двигун, дизельне паливо, дизельне біопаливо, нагрів палива.

Постановка проблеми. Збільшення енергетичних потреб виробництва та зменшення запасів мінеральних палив, спонукають до пошуку альтернатив та все більшого застосування моторних палив, одержаних з біологічної сировини. Україна відноситься може забезпечити свої потреби за рахунок власної нафти на 10-12 %, а за рахунок природного газу на третину, що створює загрозу енергетичній безпеці країни.

© В.В. Чуба, 2013

7. *Тютюнников Б.Н*. Технология жиров. Том 1 / *Б.Н. Тютюнников, Маркман А.Л*. – М. : Снабтехиздат, 1932. – 318 с.
8. *Тютюнников Б.Н*. Технология переработки жиров / *Б.Н. Тютюнников, П.В. Науменко, И.М. Товбин, Г.Г. Фаниев.* – М. : Пищевая промишленость, 1970. – с. 29-41.
9. *Файнберг Е.Е*. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий (рафинация и гидрогенизация жиров) / *Е.Е. Файнберг, И.М. Товбин, А.В. Луговой.* – М. : Лёгкая и пищевая промишленость, 1983. – 416 с.
10. *Щербаков В.Г*. Технология получения растительных масел / *В.Г. Щербаков*. – М. : Колос, 1992. – 206 с.

Проведен анализ технологий из производства растительных масел.

Растительное масло, технология, зерно, продукция.

The analysis of technologies is conducted from the production of vegetable butters.

Vegetable butter, technology, grain, products.

УДК 620.95

ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

В.В. Чуба, здобувач

Приведено результати аналізу регуляторних характеристик та екологічних показників роботи дизельного двигуна Д–65Н трактора ПМЗ-6 АКЛ при використанні дизельного палива, дизельного біопаливі на основі метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії, та застосування нагріву дизельного біопаливі перед впорском палива в циліндр двигуна.

Екологічні показники, дизельний двигун, дизельне паливо, дизельне біопаливо, нагрів палива.

Постановка проблеми. Збільшення енергетичних потреб виробництва та зменшення запасів мінеральних палив, спонукають до пошуку альтернатив та все більшого застосування моторних палив, одержаних з біологічної сировини. Україна відноситься може забезпечити свої потреби за рахунок власної нафти на 10-12 %, а за рахунок природного газу на третину, що створює загрозу енергетичній безпеці країни.

© В.В. Чуба, 2013

Аналіз обсягів продажу ріпаку та пшениці для купівлі 1 т дизельного палива за рахунок прибутку від реалізації свідчить, що у 2000 році необхідно було виростити і реалізувати 27,5 т ріпаку або 14 т пшениці, у 2003 році 4,9 т ріпаку або 9 т пшениці, у 2005 році – 13,8 т ріпаку або 204 т пшениці, у 2011 році 14,1 т ріпаку або 54 т пшениці [1], тому впровадження в сільськогосподарському виробництві технологій з використанням відновлюваних палив, що виробляється з власної сировини є одним із напрямків забезпечення не тільки продовольчої безпеки країни, а й значною мірою може впливати на власну енергетичну автономність та може створити конкурентне середовище на ринку нафтопродуктів, що реалізуються в аграрному секторі.

Аналіз останніх досліджень. Дизельне біопаливо порівняно з пальним, яке одержане з нафти, має ряд переваг: не містить сірки; при потраплянні на ґрунт за 7 діб розкладається майже на 95 %, тоді як нафтове пальне лише на 16 % за цей самий період [2].

У дослідженнях Звонова В.А. Козлова А.В, Теренченко А.С. [3] відмічено зменшення викидів CO на 41 % і 3 %, C_nH_m на 86 % і 75 % і зростання концентрації NO_x на 21 % і 10 % при використанні дизельного біопалива на основі соєвої і соняшникової олій у вихрекамерному (предкамерному) дизельному двигуні 2Ч 8,5/11. Авторами відмічено збільшення питомої витрата палива на 7,2 % в порівнянні з дизельним паливом, при меншій на 13 % нижчій теплоті згорання соняшникового біопалива. В.Г. Семенов [4] для дизельних двигунів із вихровою камерою і безпосереднім упорскуванням відмічає зниження відповідно CO на 12 і 10 %, C_nH_m на 35 і 10 %, твердих частинок на 36 і 24 %, сажі на 50 і 52 % та незначне збільшення викидів NO_x.

У дослідженнях роботи дизельного двигуна на метиловому ефірі ріпакової олії, виконаних І.В.Парсадановим [5], відмічено зниження димності на 8-11 % і масового викиду твердих частин на 42 %, збільшення витрати палива до 10 %, у той же час концентрація викидів CO і NO_x змінювалася несуттєво.

Войтов В.А., Карнаух М.В., Даценко М.С. [6] відмічають, що у порівнянні з роботою двигуна СМД-14 на дизельному паливі, при використанні дизельного біопалива відбувається значне зменшення шкідливих викидів CO (на 30-40 %), а також відмічено як збільшення так і зменшення вмісту NO_x в залежності від обертів та завантаження двигуна. Зафіксовано зменшення ефективної потужності двигуна на 12 % при одночасному збільшенні питомої витрати палива до 17 %.

Попов Д.В., Линник І.І. [7] при дослідженні роботи двигуна Д-243 на рапсовому метиловому ефірі відмічають істотне збільшення

годинної і питомої витрати палива, а також концентрації оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що на сьогодні питання впливу дизельного біопалива на експлуатаційні та екологічні показники потребує додаткового дослідження, в тому числі для тракторних дизельних двигунів, які в значній мірі використовуються при виконанні польових робіт.

Мета досліджень. Визначити екологічні та експлуатаційні показники роботи двигуна Д-65Н при роботі на дизельному нафтовому паливі, дизельному біопаливі та дизельному біопаливі, та ефективність застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском в циліндри двигуна до температури від 115 до 120 °С.

Результати досліджень. Одним з головних недоліків дизельного біопалива, одержаного шляхом етерифікації рослинних олій, є відмінність фізико-хімічних властивостей в порівнянні з дизельним паливом, в першу чергу це стосується вищої в'язкості та меншої нижчої теплоти згорання дизельного біопалива. Вища в'язкість призводять до погіршення розпилення палива (збільшується дисперсність розпилу палива, довжина факелу впорску та зменшується його кут розкриття), що призводить до погіршення сумішоутворення і, як наслідок, відбувається зменшення повноти згоряння палива та збільшення інтенсивності утворення нагару на деталях циліндро-поршневої групи двигуна [8]. Менша теплотворна здатність палива призводить до погіршення техніко-експлуатаційних показників, а саме збільшення годинної та питомої витрати палива [9, 10].

Згідно загальноприйнятої теорії згорання палива [11, 12, 13], паливо в дизельних двигунах згорає в результаті перебігу складних процесів кінетичного та дифузійного горіння. Розпилення палива, як імпульсного неоднорідного струменя в умовах дизеля, являє собою складний процес, який характеризується нестаціонарністю, складною динамікою розвитку факела палива та окремих його крапель, неоднаковою структурою факела по довжині й перерізу, наявністю крапель палива різного діаметра, які перебувають у циліндрі в різні терміни часу, значною температурно-концентраційною неоднорідністю в зоні паливного факела [14].

При впорску палива з більшою густиною та в'язкістю зменшується кут розпилення, збільшується діаметр капель та дальність поширення факелу розпилення, що призводить до погіршення сумішоутворення в циліндрі і, як наслідок, збільшується час затримки самозаймання (який для оптимізації згорання необхідно зменшувати), зменшується час і повнота згорання палива

в циліндрі, погіршуються економічні та екологічні характеристики роботи двигуна.

При застосуванні нагріву палива, відбувається зниження в'язкості палива, що впорскується, як наслідок відбувається покращення характеристик впорску (збільшується кут розпилу палива, зменшується дальнобійність факелу, зменшується діаметр краплин розпилу [15, 16], що призводить до покращення повноти розпилення та згорання палива.

Для дослідження впливу температури нагріву дизельного біопалива на експлуатаційні та екологічні показники роботи дизельного двигуна Д-65Н, нами виконано модернізацію системи живлення двигуна у відповідності з патентом [17]. Температура нагріву дизельного палива підтримувалася в межах від 115 до 120 °С, згідно з проведеними раніше дослідженнями [18, 19].

Дослідження по визначенню екологічних та експлуатаційних показників виконанні з використанням двигуна Д-65Н трактора ПМЗ-6 АКЛ та обкаточно-гальмівного стенду КИ-5543-ГОСНИТИ. У результаті проведених експериментальних випробувань отримано регуляторні характеристики роботи двигуна при використанні дизельного палива, дизельного біопалива без нагріву та дизельного біопалива з нагрівом та отримано значення показників викидів чадного газу (CO), вуглеводневих сполук (C_nH_m) та окислів азоту (NO_x) на відповідних режимах регуляторних характеристик, що фіксувалися за допомогою газоаналізатора 325 ФА 02-01.

Отримані значення годинної витрати палива (рис. 1), значення годинних викидів CO (рис. 2), C_nH_m (рис. 3) та NO_x (рис. 4), дали змогу оцінити роботу дизельного двигуна на досліджуваних паливах і оцінити вплив температури нагріву на процес згорання дизельного біопалива.

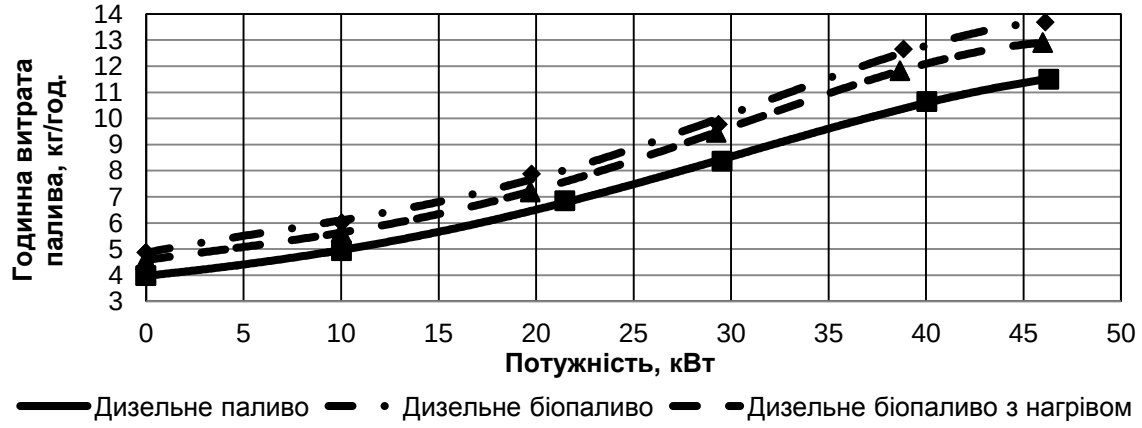

Рис. 1. Зміна годинної витрати палива від навантаження двигуна.

Аналіз отриманих експлуатаційних характеристик показує, що двигун на дизельному біопаливі розвиває майже таку ж потужність що й на звичайному паливі, проте має гірші показники витрати палива (рис. 1). При роботі на дизельному паливі двигун розвинув потужність 46,31 кВт при частоті обертання колінчастого валу 1771 об/хв. і годинній витраті палива 11,5 кг/год. (248 г/кВт год.), що відповідає технічним умовам ТУ 23.1.120-78. На дизельному біопаливі без підігріву потужність становила 46,13 кВт при 1764 об/хв. та витраті палива 13,68 кг/год. (297 г/кВт год.), на дизельному біопаливі з підігрівом потужність становила 45,99 кВт при 1759 об/хв. та витраті палива 12,9 кг/год. (280 г/кВт год.), що відповідно на 19,75 % та 12,9 % більше ніж витрати палива при роботі на дизельному паливі. Збільшення витрати дизельного біопалива без його підігріву пов'язана із меншою теплотою здатністю та неповним згорянням палива. Застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском в циліндр, покращує його розпил та сумішоутворення, як наслідок покращується повнота згорання палива та відбувається зменшення перевитрати дизельного біопалива від 3 до 10 % в залежності від величини навантаження двигуна, в порівнянні з дизельним паливом без нагріву. Застосування нагріву палива перед впорском дозволяє наблизити різницю у перевитраті палива до значення різниці теплотворної здатності дизельного палива нафтового походження та дизельного біопалива.

В дизельних двигунах CO утворюється в локальних зонах з багатою сумішшю, який доокисляється у вуглекислий газ (CO_2) в процесі розширення, оскільки в циліндрі завжди є в достатку кисень.

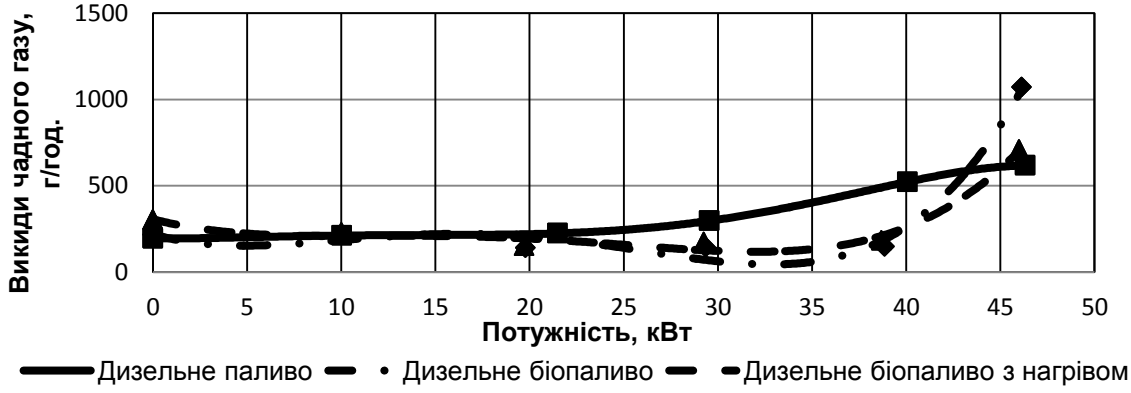

Рис. 2. Зміна питомих викидів чадного газу від навантаження двигуна.

Аналіз показників викидів чадного газу (рис. 2) показує, що при завантаженні від холостого ходу до 20 кВт кількість годинних викидів

чадного газу, по масі, майже однакова і залишається в середньому близько 200 г/год. При збільшенні навантаження двигуна від до 20 до 40 кВт, на дизельному паливі, відбувається збільшення кількості годинних викидів майже в два рази, тоді як при роботі на дизельному біопаливі відбувається незначне зменшення значення викидів, і становить при 39 кВт – 147,5 г/год. При максимальному навантаженні двигуна відбувається різке збільшення годинної кількості викидів СО до значення 1070 г/год. при роботі на дизельному біопаливі без підігріву та 709 г/год. при роботі на дизельному біопаливі з нагрівом, що перевищують на 81,3 % та 15,6 % показники викидів дизельного палива.

Зниження питомих викидів СО при використанні дизельного біопалива в порівнянні з дизельним паливом майже на всьому діапазоні завантаження пояснюється наявністю в структурі молекули біопалива вільного кисню, що сприяє більш повному його окисленню.

Вуглеводневі сполуки це продукти часткового розкладу і неповного окислення палива.

Аналіз характеристик зміни питомих викидів вуглеводневих сполук від виду палива (рис. 3) показує, що характер зміни годинних викидів від холостого ходу до 40 кВт, майже однаковий і суттєво не відрізняється. Слід відмітити, що значення питомих викидів C_nH_m для дизельного біопалива без підігріву дещо нижчі ніж у дизельного палива та на холостому ході при роботі на дизельному біопаливі з нагрівом кількість викидів вуглеводнів, по масі, на 50% перевищила значення для дизельного палива. При максимальному навантаженні слід відмітити різке збільшення кількості викидів вуглеводнів для дизельного біопалива без підігріву, які в 2 рази перевищили значення маси викидів при роботі на дизельному паливі.

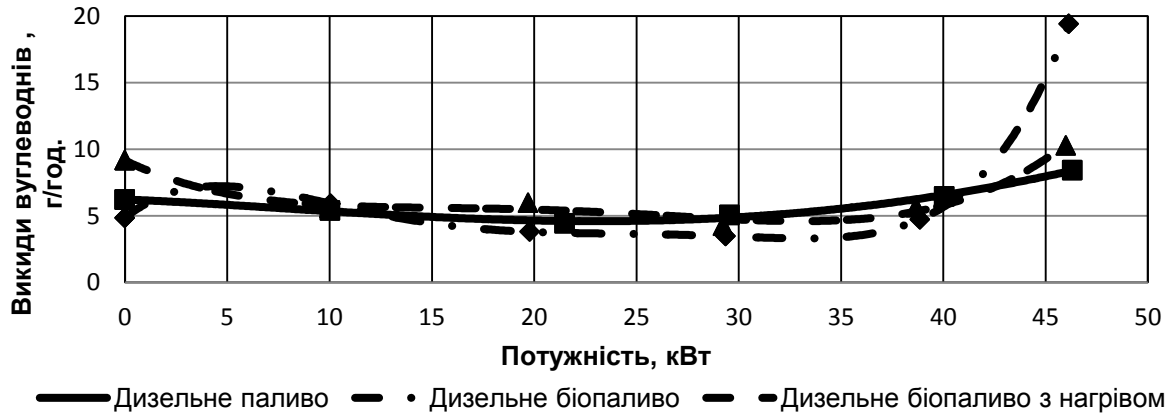

Рис. 3. Зміна годинних викидів вуглеводневих сполук від навантаження двигуна.

Різке зростання показників маси викидів шкідливих сполук CO та C_nH_m дизельного двигуна на максимальній потужності при роботі на дизельному біопаливі без підігріву у порівнянні зі значеннями для дизельного палива, пов'язане з недостатньою якістю розпилу та сумішоутворення (краплі палива при розпилі більші ніж у дизельного палива, через високе значення в'язкості), що на фоні максимальної циклової подачі палива призводить до збільшення кількості зон з недостатньою кількістю кисню навколо краплин палива, де молекули біопалива маючи більший молекулярний ланцюг не встигають пройти повну деструкцію та окислення і як наслідок відбувається погіршення повноти згорання палива та зростання шкідливих викидів чадного газу та вуглеводнів.

Аналіз залежностей приведених на рис. 2 та 3 також показав, що значення викидів CO та C_nH_m для дизельного біопалива із застосуванням нагріву майже на всьому інтервалі навантаження дещо вищі ніж у дизельного біопалива без підігріву. При нагріві дизельного біопалива відбувається покращення розпилення та сумішоутворення, в результаті чого збільшується повнота згорання хвостової частина палива, що складається із високомолекулярних вуглеводів, і як наслідок відбувається збільшення кількості шкідливих викидів та зниження годинної витрати палива (рис. 1) при застосуванні нагріву. Особливо це відчутно при максимальному навантаженні двигуна, коли в циліндрі складаються несприятливі умови для повного згорання палива. Кількість викидів CO та C_nH_m на цьому режимі для дизельного палива без підігріву на 50 % та 90 % відповідно перевищили показники дизельного біопалива з нагрівом.

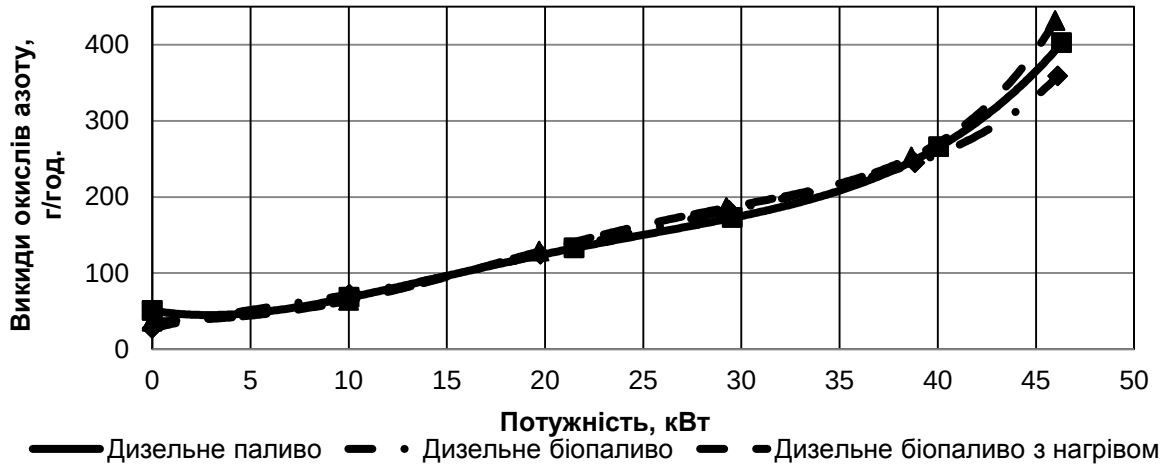

Рис. 4. Зміна годинних викидів окислів азоту від навантаження двигуна.

Утворення окислів азоту під час згорання палива відбувається при температурі більшій за плюс 2200ºС. Температурна

неоднорідність в камері згоряння дизельного двигуна викликана неоднорідністю структури паливної суміші в циліндрі. При її згоранні, в деяких зонах камери згоряння температура може досягати значення більшого за плюс 2200ºС, хоча загальна температура газів в циліндрі рідко сягає значення плюс 1900ºС.

Аналіз отриманих експериментальних залежностей (рис. 4) показав, що питомі значення викидів окислів азоту змінюється майже ідентично із зміною навантаження і несуттєво відрізняються для досліджуваних видів палива. При максимальній потужності показник питомих викидів NO_x для дизельного біопалива з нагрівом перевищив на 6,7 % та 20,4 % значення викидів для дизельного палива та біопалива без підігріву відповідно.

Більше значення питомих викидів окислів азоту, для дизельного біопалива з підігрівом, пов'язане із збільшенням температури локальних зон згорання палива за рахунок збільшення повноти його згорання, що в свою чергу інтенсифікує утворення NO_X.

Висновки

При використанні дизельного біопалива на основі рослинної олії відбувається збільшення витрати дизельного біопалива в порівнянні з нафтовим але годинні викиди чадного газу зменшуються, особливо коли навантаження двигуна перевищує 20 кВт. Викиди вуглеводневих сполук та окислів азоту мають подібний характер змін та суттєво не відрізняються для досліджуваних видів палива. Суттєва відмінність від загального характеру зміни шкідливих викидів спостерігається при максимальному навантаженні двигуна, через виникнення несприятливих умов для сумішоутворення та згорання палива, проте даний режим роботи не є характерним, враховуючи робоче навантаження дизельних двигунів тракторів при виконанні технологічних операцій в сільськогосподарському виробництві.

Застосування нагріву дизельного біопалива перед впорском в циліндр двигуна до температури від 115 до 120 °С, зменшує витрату палива, при несуттєвому збільшенні показників шкідливих викидів, що підтверджує покращення розпилення, сумішоутворення та повноту згоряння палива при застосуванні нагріву.

Список літератури

1. *Голуб Г.А., Лук'янець С.В.* Інвестиційна привабливість виробництва і використання дизельного біопалива. – Економіка АПК. – 2013. – № 2. – С. 54-60.
2. Про підвищення рівня енергетично-екологічної безпеки України / *Ковальський В., Голидников А., Григорак М., Косарєв А., Кузьменко В.* // Економіка України. – 2000. – №10. – С. 34–41.
3. *Звонов В.А.* Исследование эффективности применения в дизельных двигателях топливных смесей и биотоплив / *В.А. Звонов, А.В. Козлов, А.С. Теренченко* // Российский химический журнал. – 2008. – №6. – С. 147–151.

4. В. Семенов. Біодизельне паливо для україни / *В. Семенов* // Вісн. Нан України. – 2007. – № 4. – С. 18–21.
5. *Парсаданов И.В.* Результаты исследований показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля при работе на рапсовометиловом эфире / *И.В. Парсаданов* // Вестник науки и техники. – ХНТУ (ХПИ). – 2005. – Вып.1. – С. 21–26.
6. *Войтов В.А.* Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосуванні біодизеля / *Войтов В.А., Карнаух М.В., Даценко М.С.* // Техніка і технології АПК. – 2009. – № 1. – С. 13–18.
7. *Попов Д.В.* Покращення екологічних показників дизельних двигунів / *Попов Д.В., Линнік І.І.* // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – №4. – С. 79–82.
8. *Итинская П.И.* Справочник по топливу, маслам и техническим гидкостям / *П.И. Итинская, Н.А. Кузнецов*. – М.: Колос, 1982. – 208 с.
9. *Захарчук В.* Биодизельное топливо на основе изопропиловых ефиров рапсового масла / *В. Захарчук, В. Ткачук* // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2010. – Т. 12. – С. 188–193.
10. *Полищук В.* Альтернативные дизельные топлива / *Полищук В., Дубровин В., Полищук А*. // MOTROL. Motoryzacja i ener-getyka rolnictwa. – Lublin, 2012. – Т. 14. – С. 20–31.
11. *Разлейцев Н.Ф.* Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях / *Н.Ф. Разлейцев*. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1980. – 169 с.
12. *Свиридов Ю.Б.* Смесеобразование и згорания в дизелях / *Ю.Б. Свиридов*. – Л.: Машиностроение. – 1972. – 224 с.
13. *Учебник* для втузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания».; Под ред. *А. С. Орлина, М. Г. Круглова* / *Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин и др.* – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.
14. *Двигуни* внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ. – Підручник для студентів ВНЗ, що навчаються за напрямом “Інженерна механіка” / За редакцією проф. *А.П. Марченка*, засл. діяча науки України проф. *А.Ф. Шеховцова*. – Х.: Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 2004. – 360 с.
15. *Пучков Н.Г.* Дизельные топлива / *Н.Г. Пучков* // Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы. – Москва-Ленинград, 1953. – 194 с.
16. *Патент* на корисну модель № 21673 Україна, МПК (2006), P02M 31/02. Спосіб температурної підготовки пального на двигунах. – Заяв. 13.11.2006, № u200611918; Опубл. 15.03.2007, Бюл. № 3.
17. *Голуб Г.А.* Напрямки удосконалення виробництва і використання дизельного біопалива / *Голуб Г.А., Чуба В.В., Павленко М.Ю.* // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2012. – Вип. 10, т.1. – С. 20–23.
18. *Голуб Г.А.* Використання дизельного біопалива для роботи машино-тракторних агрегатів / *Голуб Г.А., Чуба В.В., Іванічик В.В.* // Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції "Розвиток аграрної науки у сучасних умовах". – Львів, 2012. – С. 5–9.

Приведены результаты анализа регуляторных характеристик и экологических показателей работы дизельного двигателя Д-65Н трактора ЮМЗ-6 АКЛ при использовании

дизельного топлива, дизельного биотоплива на основе метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла, и применения нагрева дизельного биотоплива перед впрыском топлива в цилиндр двигателя.

Экологические показатели, дизельный двигатель, дизельное топливо, дизельное биотопливо, нагрев топлива.

The results of analysis of regulatory characterization and environmental performance of diesel engine Д-65Н of tractor ПМЗ-6 АКЛ on diesel fuel, biodiesel on basis of fatty acid methyl esters of rapeseed oil, diesel and heating applications biofuil before the fuel injection into engine cylinder are given.

Environmental indicators petrol, diesel, biodiesel, heating fuel.

УДК 621.438

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В КАНАЛАХ ЗМІННОЇ ФОРМИ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК

О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, кандидати технічних наук
В.І. Бойко, здобувач
Національний університет харчових технологій
В.П. Василів, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянуто метод побудови геометричної форми проточної частини каналів, що забезпечує повільний перехід між проміжними перерізами каналу, який дає можливість зменшити нерівномірність поля швидкості в каналі й знизити аеродинамічні втрати розпилювальних пристроїв сушильних установок.

Канал, течія, моделювання, сушильні установки, розпилювальні пристрої

Постановка проблеми. Ефективність розпилювального сушіння, якість отриманого продукту значною мірою залежить від роботи розпилювальних пристроїв. Процес розпилення безпосередньо впливає на розмір крапель, розподіл їх за розмірами, траєкторію і швидкість крапель продукту в сушильній камері. Середній розмір крапель і розподіл їх за розмірами є функціями типу

© О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, В.І. Бойко, В.П. Василів, 2013