

Передплатний індекс: 49059
 Засновано: вересень 2009 р.
Свідоцтво про державну реєстрацію:
 серія КВ № 15495-4067Р від 18.08.2009 р.
 Видається за інформаційної підтримки
 Міністерства аграрної політики та продовольства України,
 державного агентства з управління державними корпоративними
 правами та державним майном і
 Національної академії аграрних наук України

Засновники:
 Державна наукова установа "Український науко-
 дослідний інститут прогнозування та випробу-
 вання техніки і технологій для сільськогоспо-
 дарського виробництва імені Леоніда Погорілого"
 (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Державне підприємство «Український державний
 центр по випробуванню та прогнозуванню техніки
 і технологій для сільськогосподарського
 виробництва» (ДП «УкрЦВТ»)

Міжнародна громадська організація «Український
 міжнародний інститут агропромислового
 інжинірингу» (МГО УкрМІАПІ)

Редакційна рада:
Кравчук Ігор, інженер – голова редакційної ради
Кравчук Володимир, д-р техн. наук,
 чл.-кор. НААН України – головний редактор
Адамчук Валерій, д-р техн. наук,
 академік НААН України,
Скоцик Віталій, д-р екон. наук,
Саченко Володимир, канд. техн. наук,
Яловега Степан, інженер

Редакційна колегія:
Ясенецький Володимир, канд. техн. наук,
 заст. гол. редактора,
Бабинець Тетяна, канд. екон. наук,
Булгаков Володимир, д-р техн. наук,
 академік НААН України
Войтюк Дмитро, канд. техн. наук,
 чл.-кор. НААН України,
Гром-Мазнічевський Леонід, д-р техн. наук,
 чл.-кор. НААН України і РАСГН,
Яков Яків, д-р техн. наук, академік НААН України,
Гусар Віталій, канд. техн. наук,
Демидов Олександр, канд. с.-г. наук,
Дубровін Валерій, д-р техн. наук,
Залужний Володимир, канд. техн. наук,
Кушнар'єв Артур, д-р техн. наук,
 чл.-кор. НААН України,
Луценко Марія, д-р с.-г. наук,
Маковецький Олег, д-р с.-г. наук,
Митрофанов Олександр, інженер,
Надикто Володимир, д-р техн. наук,
Павлишин Микола, д-р техн. наук,
Погорілий Віктор, інженер
Хайліс Гедадь, д-р техн. наук,
Ціп Євген, канд. техн. наук,
Шевченко Ігор, д-р с.-г. наук Польщі,
 д-р техн. наук України, чл.-кор. НААН України,
Шпак Василь, канд. екон. наук

Відповідальний редактор: Шовтута Олена
Видавець: ДП «УкрЦВТ»
 Адреса видавця і редакції журналу:
 08654, Київська обл., Васильківський р-н,
 смт Дослідницьке, вул. Інженерна, 5
 Тел./факс: (04571) 3-31-51
 E-mail: tetainform@ukr.net

Затверджено до видання секцією вченої ради
 УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого
 (протокол № 8 від 29.09.2011 р.)

Верстка, дизайн: Ковпак Наталія,
 Паніотова Оксана
Менеджер: Черношкур Вікторія

Підписано до друку 07.10.2011 р.
 Формат 60x84¹/₈. Друк офс.
 Ум. друк. арк. 3,72. Обл.-вид. арк. 2,23.
 Наклад 1000 прим., номер замовлення 189
 Друкарня ТОВ РІА "БЛІЦ", м. Біла Церква,
 вул. Гагаріна, 5, оф. 22, тел.: 0 (456) 39-10-31
 Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
 державного реєстру серія ДК №3793 від 31.05.2010 р.

Національний проект «Відроджене скотарство» і важелі його
 реалізації: конкретні рішення колегії Мінагрополітики України4

**Техніка і обладнання для АПК: дослідження, експертиза,
 прогноз розвитку**

Кравчук В., Погорілий В., Занько М.
 Парк зернозбиральних комбайнів України: стан і прогноз розвитку *6

Кравчук В., Таргоня Н.
 Жнивне поле академіка Л.В. Погорілого: плідні гони випробувань
 сільськогосподарської техніки (до 77-річчя від дня народження) 11

Ясенецький В., Таргоня Н.
 Українському аграрію – техніку українського виробництва 14

Морозов И., Власенко В., Доценко Н.
 Научное обоснование процесса взаимодействия рабочих органов
 сеялок с почвой 18

Сисолін П., Сисоліна І.
 Нова конструкція універсальної плоскорізальної стрілкової лапи 22

Кравчук В., Хайліс Г., Шевчук В.
 О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по
 поверхности почвы 23

Давидюк В.
 Механізми відновлення насінництва цукрових коренеплодів в Україні:
 технічні рішення нової садильної машини 26

Животноводческое оборудование и кормораздаточная техника
 для содержания свиней и домашней птицы компании «Биг Дачмен» 29

Дрегваль Н.
 Сдвоенные кременчугские колеса: увеличение
 производительности – уменьшение затрат! 31

Інноваційні технології в АПК

Сухенко Ю., Литвиненко О., Сухенко В., Муштрук М., Бойко Ю.
 Використання гідродинамічної кавітації у виробництві
 дизельного біопалива 33

Бойко А., Савченко Л.
 Автоматична система стабілізації руху жнивницького
 машинно-тракторного агрегата 36

Науково-пропагандистські заходи

**Ясенецький В., Занько М., Клапань В., Клименко В., Любченко С.,
 Ліпєць Т., Паніотова О., Панько В., Постельга С., Смоляр В.,
 Таргоня Н., Шустік Л.**
 Сільськогосподарська техніка на виставці «Агро-2011»* 39

Ясенецький В., Ліпєць Т.
 Сільськогосподарська техніка на Сорочинському ярмарку 2011 43

Сухенку Юрію Григоровичу – 60 років 46

Литвиненю О.А.

297 / 68

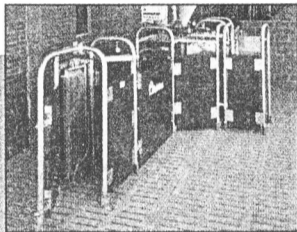
НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ АПК

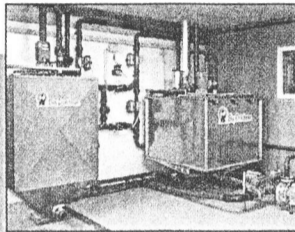
№ 10 (25) / жовтень / 2011

Big Dutchman:

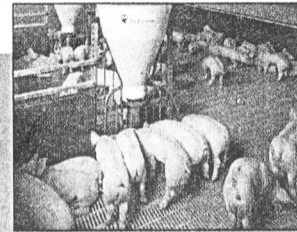
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПТАХІВНИЦТВА ТА СВИНАРСТВА



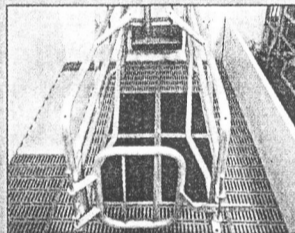
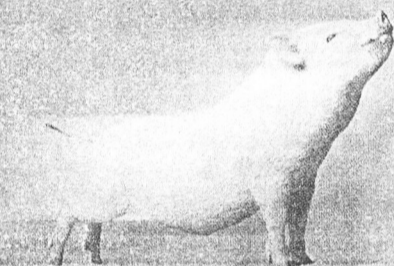
Call Matic 2
Система годування сдиноматок за викликом



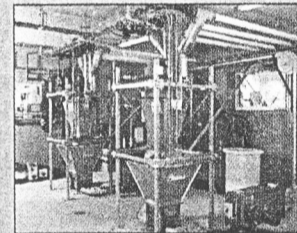
Hydro Mix
Система рідкого кормління



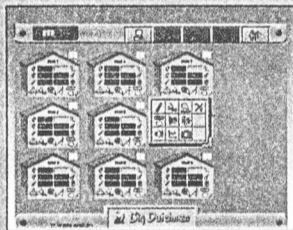
Pig Nic
Кормові автомати



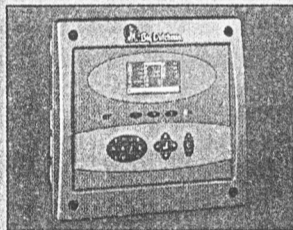
Farrowing Pen
Система підлог SowComfort для боксів опоросу



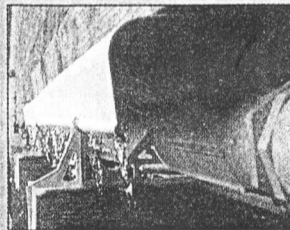
Dry Rapid/Dry Exact
Система сухого годування



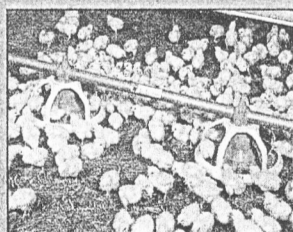
amacs
Система центрального контролю та управління



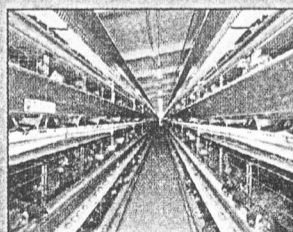
Viper
Комп'ютер мікроклімату та виробництва



Rain Maker
Система ефективного охолодження



Flux X
Годівниці для різних видів технологій



UniVent
Кліткова батарея



ТОВ «БІГ ДАЧМЕН УКРАЇНА»
вул. Новокосятинівська, 13/10, оф. 306
м. Київ, Україна, 04080
тел. +380 (44) 494 25 35
факс +380 (44) 390 62 21
big@bigd.kiev.ua
www.bigdutchman.ua



Big Dutchman.

УДК 66.066.3: 665.328

Сухенко Ю., д-р техн. наук, проф. (НУБіП України), Литвиненко О., канд. техн. наук, доц. (НУХТ), Сухенко В., канд. техн. наук, доц. Муштрук М., аспірант, Бойко Ю., студент магістратури (НУБіП України)

Використання гідродинамічної кавітації у виробництві дизельного біопалива

Ключові слова: біопаливо, рослинні олії, кавітація, переестерифікація, перемішування, вихід палива.

Доведено ефективність застосування кавітаційного перемішування реагуючих компонентів в реакціях переестерифікації жирів у виробництві біопалива для дизельних двигунів.

Вступ. Підвищені вимоги до токсичності викидів двигунів автомобілів, сільськогосподарської техніки та інших енергетичних установок, вичерпання природних енергоресурсів примусили вчених і виробників приділяти особливу увагу використанню альтернативного нафтовому дизельного біопалива. На відміну від традиційного палива, виготовленого на основі вуглеводнів нафтового походження, біопалива вигідно відрізняються невисокою собівартістю, екологічною безпечністю, ресурсоощадливою технологією одержання і співставними з традиційним паливом експлуатаційними показниками. Сьогодні для України настав час розвивати власні потужності для виробництва дизельного біопалива з поновлюваних сировинних ресурсів [1,2].

Дизельне біопаливо – це екологічно чистий вид палива, який одержують із жирів рослинного і тваринного походження та використовують для заміни нафтового палива. З хімічної точки зору біопаливо є сумішшю метилових (етилових) ефірів, насичених і ненасичених жирних кислот. У процесі переестерифікації олій жирні кислоти вступають в реакцію з метиловим (етиловим) спиртом за наявності каталізатора (лугу або кислоти), внаслідок чого утворюються складні ефіри, а також гліцерінова фаза. Матеріальний баланс реакції такий [3]: для одержання 1000 кг (1136 л) дизельного біопалива необхідно 50 кВт теплової енергії і 25 кВт електроенергії, 1040 кг (1143 л) ріпакової олії, 144 кг (182 л) 99,8% метанолу, 19 кг гідрооксиду калію (88% КОН). Після очищення дизельне біопаливо може використовуватися в будь-яких дизельних двигунах (вихорокамерних і передкамерних, а також із безпосереднім впорскуванням) як самостійно (в адаптованих двигунах), так і в суміші з дизельним паливом без змін у конструкції двигуна.

Отже, реакція переестерифікації є найбільш важливою операцією, яка визначає ефективність технологічного процесу, а також якість одержаного дизельного біопалива.

Мета досліджень і постановка завдання. Традиційні промислові схеми приготування дизельного біопалива передбачають попереднє механічне очищення сировини (олії чи жиру), нейтралізацію наявних в ній вільних жирних кислот, які ускладнюють технологічний процес і збільшують його тривалість [4]. Відомі різноманітні технологічні вдосконалення способу отримання ефірів жирних кислот ріпакової олії, які покра-

щують якість палива, але не дозволяють збільшити його вихід та скоротити час реакції [5]. Таким чином, удосконалення технології отримання метилових (етилових) ефірів жирних кислот, зокрема ріпакової олії, є перспективним технічним напрямком, що потребує ґрунтовного науково-практичного опрацювання.

Традиційно для отримання ефірів жирних кислот олій (наприклад, ріпакової) використовують відпресовану і практично неочищену ріпакову олію, яка містить шкідливі домішки, зокрема фосфатиди, білки, вільні жирні кислоти, воду тощо, що погіршує умови здійснення реакції. Для вилучення шкідливих домішок інколи здійснюють рафінацію олій з використанням сірчаної кислоти, водних розчинів лугу, спеціальних сорбентів. Продукти рафінації у вигляді очищеної олії піддають естерифікації, в процесі якої отримують біопаливо і відокремлюють хімічно зв'язані домішки. Завдяки механічному перемішуванню реакція естерифікації здійснюється більш швидко. Забруднення ефірів переважно залишками продуктів реакції усувають відмиванням водою та подальшим осушуванням ефірів або застосовуючи адсорбенти.

Помічено, що інтенсивність перемішування суміші компонентів є визначальним фактором, який впливає на ефективність виробничого процесу. Для інтенсифікації змішування реагентів можна застосувати відомі різноманітні методи фізико-механічного впливу, а саме: накладання пульсацій у потоці, електромагнітного поля, акустичних коливань ультразвукового спектру частот тощо. Застосування ударно-хвильових ефектів, що супроводжують гідродинамічну кавітацію, також дозволяє ефективно впливати на оброблювану суміш, інтенсифікувати реакцію, зменшувати її термін і забезпечувати належну якість кінцевого продукту. При збудженні кавітації у потоці олій реагентами генерується вакуумна кавітаційна камера, яка в подальшому розпадається і утворює локалізоване бульбашкове кавітаційне поле по всьому перерізу технологічного потоку.

В кавітаційній бульбашці зростає тиск, і коли вона руйнується, в суміжних областях рідини виникає інтенсивне перемішування, що прискорює хімічні процеси і скорочує тривалість реакції, збільшує ступінь конверсії олій в біопаливо, зменшує необхідну для проходження реакції температуру, скорочує період індукції бажаної реакції, збільшує селективність реакції, підвищує ефективність каталізаторів у реакції, скорочує термін

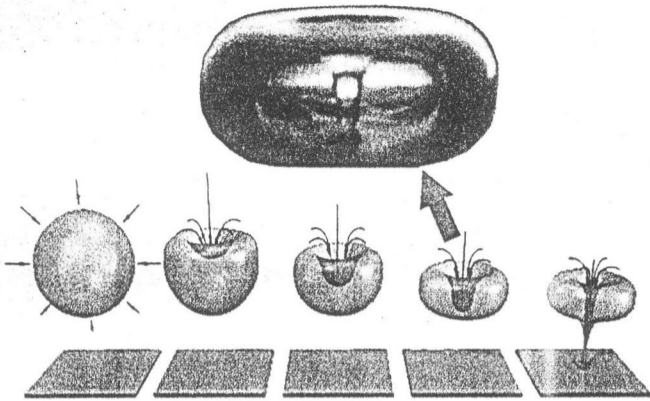


Рис. 1 – Кавітаційна бульбашка в ріпаковій олії перед колапсом та схема її взаємодії з поверхнею кавітатора

початку хімічної реакції через утворення активних вільних радикалів у реагуючій суміші.

Об'ємна концентрація кавітаційних бульбашок доходить до 1010 на кубометр реагуючої суміші. При колапсі кожної бульбашки (рис.1) створюються локальні тиски до 1000 МПа, а температура середовища, що оточує бульбашку, локально підвищується на 500-800 °С [6].

Такі високі тиски при великій питомій концентрації бульбашок сприяють тому, що питома енергетична дія впливу на оброблюване середовище становить близько 104-105 кВт/м³. Внаслідок цього створюються умови для перебігу гідромеханічних, фізичних та хімічних процесів, які за звичайних умов ускладнені або неможливі [7]. Кавітаційна дія сприяє зміні молекулярної конфігурації рослинних олій та утворенню нових органічних сполук, які практично повністю відповідають властивостям та експлуатаційним характеристикам традиційних палив. Крім того, завдяки розвиненій міжфазній поверхні, яка утворюється при кавітаційному впливі на суміш компонентів, в декілька разів прискорюється реакція масообміну, що дозволяє підвищити швидкість хімічних реакцій. Разом з тим потрібно захищати сам кавітаційний апарат від можливого руйнування.

Варто відзначити, що гідродинамічне кавітаційне оброблення дозволяє одержувати якісні паливні композиції, зокрема, на основі суміші традиційного дизельного палива та ріпакової олії з вмістом останньої 10-30% [8]. Тому дослідження впливу гідродинамічної кавітації на переестерифікацію рослинних олій є актуальним завданням.

Результати досліджень. Для вивчення можливості використання гідродинамічної кавітації в процесі естерифікації олій авторами проведені експериментальні дослідження в умовах міні-заводу з виробництва біопалива [9]. Ріпак, соя та олії з них відповідали вимогам, викладеним в роботі [3].

Відповідно до діючої технології, яка реалізується машинами і апаратами заводу, для отримання ефірів жирних кислот ріпакової олії здійснювали її рафінацію сірчаною кислотою та розчином лугу, відділяли олію від суміші та відганяли воду. Попередньо отримували розчин каталізатора в органічному розчиннику (метанолі) і, змішуючи його з рафінованою олією, здійснювали її естерифікацію. Під час естерифікації оброблю-

вана суміш піддавалась механічному і ультразвуковому перемішуванню, локалізованому гідродинамічному впливу з кратністю не менше двох для гарантованого залучення в реакцію масообміну всіх її компонентів. Видалення залишків каталізатора та осушування ефірів здійснювали шляхом відцентрового сепарування під вакуумом. Під час отримання ефірів жирних кислот олії сірчану кислоту та розчин лугу подавали безпосередньо в локалізовану зону кавітаційного впливу на оброблювану суміш. Готові ефіри використовують як дизельне паливо у чистому вигляді або в суміші з нафтовим паливом.

Ми проводили метаноліз ріпакової олії з використанням каталізатора КОН. Олія і метанол були взяті у співвідношенні 6:1. Для забезпечення проходження реакції додавали у суміш 1% каталізатора КОН від маси олії і проводили реакцію за температури 45 °С. Реакційну суміш перемішували в одному випадку механічною мішалкою з частотою обертання 15 с⁻¹, в другому – з використанням ультразвукового генератора потужністю 15 кВт і частотою 19,7 кГц, в третьому – за умов гідродинамічної кавітації за отвором діаметром 10 мм у діафрагмі при робочому тиску рідини 0,7 МПа.

На рис. 2 наведено вихід дизельного біопалива при застосуванні різних методів перемішування. Через 10 хвилин перемішування ультразвуком реакція пройшла повністю. При гідродинамічній кавітації реакція за цей же час пройшла на 85% і лише на 71% – при механічному перемішуванні. Але вже через 30 хвилин за умов гідродинамічної кавітації реакція пройшла на 100%, а при механічному – на 80%.

Хоча ультразвукова кавітація найкраще інтенсифікує проходження реакції переестерифікації, але витрати енергії на процес також виявились найбільшими. Так, з використанням гідродинамічної кавітації споживання енергії для переестерифікації ріпакової олії становило 183 Вт-год/кг (658,8 кДж/кг), а при застосуванні ультразвукової – споживання електроенергії зросло до 250 Вт-год/кг (900 кДж/кг), тобто було на 36,6% вищим. З використанням механічного змішувача енергоспоживання збільшилось до 500 Вт-год/кг (1800 кДж/кг), тобто було на 173,2% вищим, ніж за умов гідродинамічної кавітації.

Незважаючи на те, що термін проходження реакції за умов гідродинамічної кавітації трохи більший, ніж за умов ультразвукового перемішування, перший метод має набагато вищий потенціал у промисловому виробництві дизельного біопалива.

Далі в реакціях використовували етанол (99,8%),

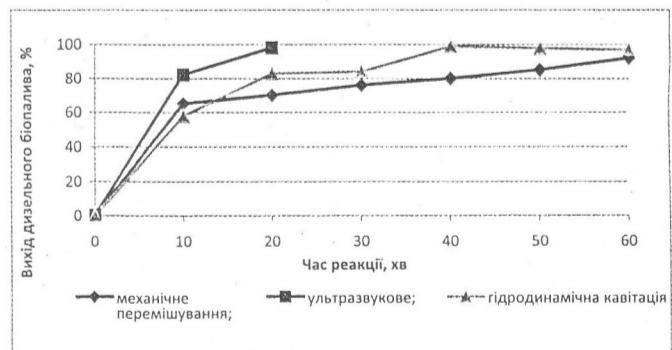


Рис. 2 – Ефективність переестерифікації ріпакової олії за різних умов перемішування

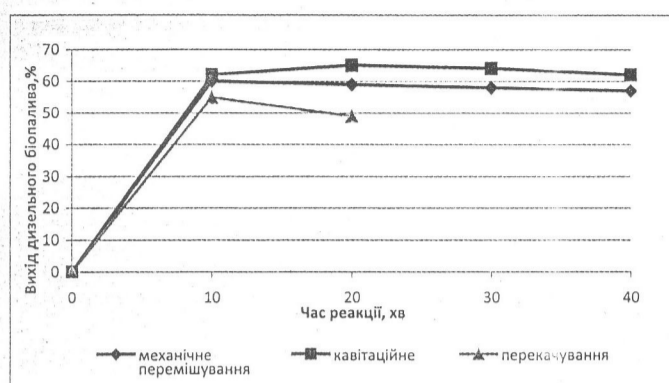


Рис. 3 – Ефективність переестерифікації соєвої олії за різних умов перемішування

гідрооксид калію КОН (85% чистоти) та соєву олію. Молярне співвідношення між соєвою олією та спиртом становило 8:1. Реакцію проводили за температури 45 °C в присутності 1% до маси олії каталізатора КОН. Мета цієї серії дослідів – також порівняти ефективність механічного змішування (15 с⁻¹), перемішування в умовах гідродинамічної кавітації, що виникає за отвором діаметром 10 мм в діафрагмі, і в умовах простого перекачування реагентів насосом (рис. 3).

Очевидно, що режим гідродинамічної кавітації забезпечує більший вихід палива із соєвої олії, ніж просте перекачування реагентів чи перемішування мішалкою з частотою обертання 15 с⁻¹. Максимальна конверсія жиру відбувалась вже через 10 хвилин після початку дослідів. За цей час в умовах гідродинамічної кавітації у дизельне біопаливо перетворилось 65% олії, а в умовах механічного змішування – всього 60,9%.

Таким чином, гідродинамічна кавітація збільшує вихід палива на 7,4% у порівнянні з механічним перемішуванням. Проте з плином часу реакції більше десяти хвилин вихід палива зменшується. Одне з можливих пояснень – дигліцериди і моногліцериди олії перетворились спочатку в етилові ефіри, а потім знову у тригліцериди, знижуючи тим самим відсоток конверсії.

Що ж до споживання енергії у виробництві дизельного біопалива, то методи механічного перемішування, гідродинамічної кавітації і простого перекачування реагентів з плином часу все більше відрізняються (рис. 4). Наприклад, за 40 хвилин роботи механічна мішалка споживає енергії 195,2 кДж/кг, а кавітаційний змішувач – 264,8 кДж/кг, що на 35,6% більше, хоча вихід палива у другому випадку більший. Таким чином, для зменшення енергозатрат треба постійно контро-



Рис. 4 – Витрати енергії на процес перемішування соєвої олії різними способами

лювати рівень перетворення олії в етилові ефіри і зупинити змішування компонентів тоді, коли їх кількість почне зменшуватись, що свідчить про початок проходження зворотних хімічних процесів.

Аналіз одержаних результатів свідчить, що гідродинамічне кавітаційне оброблення суміші олії з розчином каталізатора в метанолі має суттєві переваги у порівнянні з базовою технологією.

Якість виготовленого біопалива відповідає вимогам європейського (EN14214), американського (ASTM Д-6751) та вітчизняного (ДСТУ 6081:2009) стандартів. Гідродинамічне кавітаційне оброблення дозволило підвищити ефективність і скоротити тривалість естерифікації та зменшити витрати хімічних реагентів в результаті прискорення масообміну в реагуючих сумішах.

Результати порівняльних випробувань двигуна на традиційному й альтернативному паливі. У зарубіжних публікаціях міститься інформація про те, що порівняльними випробуваннями дизелів на традиційному та біологічному паливі не виявлено істотної різниці у поводженні двигуна у разі зміни виду палива, що можна пояснити високою якістю випробуваного біопалива, яка забезпечується жорсткими вимогами до його хімотологічних показників, закладених у стандартах на дизельне біопаливо [10].

Порівняльні стендові випробування автотракторного чотиритактного дизельного двигуна Д-240 в лабораторії НУБіП України показали деякі особливості характеристик двигуна, що працював на біопаливі з ріпаку.

Підвищення порівняно з дизельним паливом густини на 10% і кінематичної в'язкості в 1,5 разу сприяє певному збільшенню (на 14%) далекобійності паливного факела і діаметра краплі розпорошеного палива, що спричинює збільшення потрапляння біодизельного палива на стінки камери згоряння і гільзи циліндра. Менші значення коефіцієнта стисливості дизельного біопалива призводять до збільшення справжнього кута випередження впорскування палива і максимального тиску у форсунці. Високе цетанове число дизельного біопалива (до 53) сприяє скороченню періоду затримки запалення. Підвищена майже в три рази температура спалаху дизельного біопалива в закритому тиглі (160-170 °C) забезпечує його високу пожегобезпечність. Кисень (9-10%) у молекулі метилового ефіру позитивно впливає на якість згоряння. Менша частка вуглецю (близько 75%) у складі дизельного біопалива спричинює зменшення теплоти згоряння на 11-12% і збільшення питомої витрати палива, тому для збереження номінальних параметрів двигуна при переведенні на дизельне біопаливо потрібне регулювання паливної апаратури для збільшення циклової подачі палива.

Висновок. Дослідно-промислові випробування показали, що гідродинамічне кавітаційне оброблення суміші для приготування дизельного біопалива дозволяє одержувати якісний продукт, який відповідає сучасним експлуатаційним вимогам до дизельного біопалива, що дозволяє використовувати його в двигунах без суттєвого їх переобладнання.

Список літератури

1. Винтоняк, В. Українська рапсодія [Текст] / В. Винтоняк // Агроперспектива. – 2000. – №1. – С. 10-14.

2. Фукс, И. Г. Экологические аспекты использования топлив и смазочных материалов растительного и животного происхождения [Текст] / И.Г. Фукс, А. Ю. Евдокимов, А. А. Джамалов, А. Лукаса // Химия и технология топлив и масел. – 1992. – № 6. – С. 36-40.

3. Инструкция по получению биодизеля. – Фирма Симбрия СКЕТ, Германия // Масложировая промышленность. – Научно-технический производственный журнал. – М.: Пищевая промышленность. – 2005. – № 5. – С. 17-18.

4. Дубровін, В.О. Біопалива (Технології, машини і обладнання) [Текст] / В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, І. П. Масло та ін. – К.: ЦТІ "Енергетика та експлуатація", 2004. – С. 81-84.

5. Деклар. пат. 30417 UA, МПК C01L1/02 (2006/01) Спосіб отримання метилових ефірів жирних кислот ріпаккової олії [Текст] / Погромська В.О., Джелмач Л.К., Криворотько В.М., Сухенко Ю.Г., Якимчук М.Т., Суржок В.М.; заявник ТОВ Асоціація "ЕКОМА". – № UA 98052268; заявл. 05.05.1998; опубл. 15.11.2000, №6, 2000 р.

6. Пирсол, И. Кавитация [Текст] / И.Пирсол. – М.: Мир, 1975. – с.11.

7. Федоткин И.М. Кавитация: кавитационная техника и технология, их использование в промышленности [Текст] / И.С.Гулый. – К.:, 1997. – с. 5-7.

8. Деклар. пат. 14612 UA, МПК C01L1/00 (2006/01) Спосіб приготування рідкого пального [Текст] / Лукач

Ю.Ю., Доброногов В.Г., Булгаков Б.Б., Булгаков О.Б., Бондаренко В.М.; заявник МНТЦ "ІНТРЕК". – № UA 94107112; заявл. 03.10.94; опубл. 20.01.97, Бюл. №1, 1997р.

9. Сухенко, Ю.Г. Автоматизований міні- завод для виробництва дизельного біопалива [Текст] / Ю. Г. Сухенко, В. Ю. Сухенко, Ю. І. Бойко // Наукові, науково-технічні і інноваційні розробки НУХТ. – Київ, НУХТ, 2008. – С. 161-163.

10. Семенов, В. Г. Анализ показателей работы дизелей на нефтяных и альтернативных топливах растительного происхождения [Текст] / В. Г. Семенов // Вісник національного технічного університету «ХПІ»: Збірка наукових праць. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – № 3. – С. 177-179.

Аннотация. Доказана эффективность использования кавитационного перемешивания реагирующих компонентов в реакциях переэстерификации жиров в производстве биотоплива для дизельных автотракторных двигателей.

Summary. Efficiency of the use is well – proven cavitations of interfusion of reactive components in the reactions of feather of esterification of fats in the production of biopropellant for diesel motor – vehicle and tractor engines.