

Механізація сільськогосподарського виробництва

УДК 620.95

Г.А. Голуб,
В.В. Чуба,
М.І. Вільова

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
Національної академії аграрних наук України, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Приведен анализ оборудования для производства дизельного биотоплива и определения физико-механических свойств полученного биотоплива, приведены результаты исследования по определению удельной энергоёмкости производства биотоплива с использованием трубчатого этерификатора с турбулизаторами.

The analysis of the equipment for manufacture of diesel biofuel and physic and mechanical properties of the received biofuel is resulted, researches by definition specific power consumption of manufacture of biofuel with use tubular equipment for the etherification with tubulisation are resulted.

Вичерпання викопних джерел енергетичної сировини, з одного боку, та збільшення потреби енергії з іншого, викликають підвищення зацікавленості до застосування моторних палив, які отримують з біологічної сировини. Оскільки Україна відноситься до країн, які мають дефіцит власних енергоносіїв і може забезпечити свої потреби за рахунок власних енергоносіїв лише на 50 %, а в нафті – на 10–12 %, в природному газі – до 30 %, це створює загрозу енергетичній безпеці країни.

Одним з основних напрямів вирішення енергетичної проблеми є перехід на використання палива з власних поновлювальних ресурсів для транспортних засобів із дизельними та карбюраторними двигунами внутрішнього згоряння, що безпосередньо пов'язані з вирощуванням олійних культур і рослин з великим вмістом крохмалю та цукру [1].

Особливу увагу необхідно приділяти отриманню дизельного біопалива, адже його частка від загального споживання рідкого палива в сільському господарстві для мобільних енергетичних засобів становить від 60 до 80 %.

Сприятливі погодні умови, наявність родючих ґрунтів, високий попит на зерно олійних як з боку вітчизняної олійножирової промисловості, так і експортного ринку та багато інших факторів є запорукою того, що вирощування, переробка і торгівля зерном олійних культур залишаються в Україні привабливими для великої кількості вітчизняних та іноземних компаній, та створюють у свою чергу позитивні передумови розвитку галузі виробництва біопалива для часткового самозабезпечення дизельним біопаливом на основі рослинних олій.

Для переходу до використання дизельного біопалива необхідні значні капітальні витрати, однак періодичний дефіцит дизельного палива для виконання основних по-

льових робіт та необхідність збереження природного середовища потребує зосередження зусиль на розробці методів та технічних засобів для забезпечення виробництва і використання дизельного біопалива.

Без удосконалення технологічних процесів, засобів механізації та обладнання для виробництва біопалив неможливо досягти подальшого ефективного розвитку сільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Інститутом рослинництва ім. В.Я. Юр'єва спільно з іншими установами НААН України у минулій п'ятирічці виконувалася науково-технічна програма «Біосировина», яка передбачає розробку теоретичних основ селекції, вдосконалення технологій селекційного процесу та розробку зональних технологій вирощування польових культур, що використовуються як біосировина. Це надзвичайно важливий напрям робіт, однак без розробки сучасного технічного забезпечення реалізацію виробництва і використання біопалив у промислових масштабах реалізувати неможливо [2, 3].

В Україні виробляється обладнання для отримання рослинних олій на харчові цілі, яке також може бути використано в процесі виробництва дизельного біопалива. Промисловістю України освоєно випуск обладнання для одержання та фільтрації рослинних олій (ЗАТ УкрЕкспо Процес, м. Київ, ВАТ РОСС м. Харків, НВП «EXTRUDER», м. Харків, ТАН, м. Чернігів). Також в Україні існує ряд підприємств (НВП «ТРЕНД», ТОВ «Елерон», ТОВ «УкрБіо Енергія», ЗАТ «ПОРЦЕЛАКІНВЕСТ», ТОВ «Інженерно-технологічний центр «ТЕКМАШ»» у м. Києві, ЗАТ «Лубенський ремонтний завод «ТЕКМАШ»» у м. Лубни, «ТАН» у м. Чернігів, BIODIESEL DNEPR у м. Дніпропетровську, ЗАТ

«ТЕПЛОДАР» у м. Полтаві та ін.) з виготовлення обладнання для отримання метилових ефірів, а також продажу зарубіжного обладнання. В існуючих комплексах обладнання, зазвичай, використовуються вертикальні змішувачі та відстійники періодичної дії.

При існуючих цінах на дизельне паливо, гранична собівартість насіння, за якої витрати на виробництво дизельного біопалива дорівнюватимуть вартості дизельного палива, як правило, значно перевищує значення собівартості виробництва зерна ріпаку. Нерідко це призводить до невірних висновку про те, що виробництво дизельного біопалива в умовах сільськогосподарського виробництва є економічно доцільним, оскільки витрати на його виробництво нижчі, ніж на придбання дизельного палива. Однак, з іншого боку, економічний ефект від продажу зерна ріпаку як різниці ціни реалізації зерна та собівартості його виробництва, перевищує економічний ефект від виробництва дизельного біопалива. Перехід на часткове споживання дизельного біопалива у суміші із дизельним, як це робиться у країнах Європейського Союзу, неможливий без політичних рішень, обумовлених необхідністю збереження та покращення існуючого стану природного середовища. Найбільш доцільним у даній ситуації є заборона продавати дизельне паливо без додавання біопалива. У такій ситуації виробники дизельного палива будуть інвестувати кошти у виробництво дизельного біопалива. Створення мережі заводів має бути організоване таким чином, щоб виробництво олій проводилося в умовах сільськогосподарського виробництва, що забезпечить використання макухи на кормові потреби та сприятиме розвитку кормової бази тваринництва. Водночас виробництво дизельного біопалива в умовах сільськогосподарського виробництва потребує техніко-економічного обґрунтування у порівнянні з базовим варіантом, який передбачає безпосередню реалізацію зерна ріпаку [4].

У нашому Інституті розроблено обладнання для виробництва дизельного біопалива різної продуктивності з використанням у змішувачі-реакторі (етерифікаторі) рамної мішалки та гравітаційних відстійників, питома енергоємність роботи якого становить близько 8 кВт год./т виробленого дизельного біопалива [5, 6].

Однак обладнання для агропромислового виробництва дизельного біопалива потребує постійного удосконалення для забезпечення зниження питомої енергоємності, підвищення якості палива та безпеки виробництва.

Мета й завдання — підвищити ефективність агропромислового виробництва дизельного біопалива шляхом зниження питомої енергоємності за рахунок застосування трубчастого етерифікатора безперервної дії та виявити раціональні режими його роботи.

Результати досліджень

У нашому Інституті, починаючи з 1995 року ведуться дослідження по отриманню паливних сумішей із використанням поновлювальних джерел енергії для потреб аграрного сектора.

За основу досліджень взято процес отримання сумішевого дизельного біопалива, складниками якого є очищена рослинна олія та дизельне паливо.

Протягом останніх 10 років проводяться науково-дослідні роботи по розробці і удосконаленню технологічних процесів і технологічного обладнання для виробництва дизельного біопалива із рослинних олій отриманням метилових ефірів ненасичених жирних кислот, що входять до складу рослинних олій. За цей період створено серію експериментальних установок, на яких було відпрацьовано технологічний процес одержання дизельного біопалива, технологічні режими роботи вузлів і агрегатів, уточнені їх конструктивні параметри і розроблено конструкторську документацію на виготовлення параметричного ряду моноблочних установок типу УВМЕ продуктивністю від 200 до 250, від 500 до 750 (рис. 1), від 1000 до 1250 (рис. 2) та 5000 і 7000 тонн на рік дизельного біопалива, а також розроблено технічні умови «Ефіри метилові жирних кислот ріпакової та соєвої олій» для використання їх як заміників нафтового палива для дизельних двигунів. Такі установки на замовлення виробників дизельного біопалива виготовляє дослідно-експериментальний завод Інституту (смт. Глеваха Київської обл.), ТОВ «Теплодар» (м. Полтава) та виробниче об'єднання ТОВ «Романівське» (м. Бердянськ).

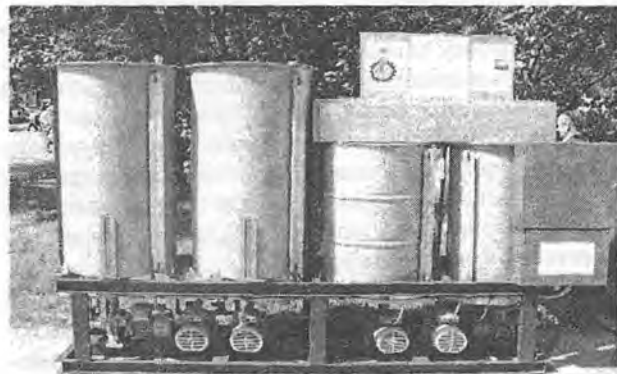


Рис. 1. Загальний вигляд установки УВМЕ-500.

У зазначених установках у циклічному режимі послідовно виконують змішування компонентів, підтримання температурних режимів і розділення ефірної та гліцеринової складових.

Технологічний процес отримання біопалива можна розбити на такі основні частини:

- реакція обміну метилового спирту з гідроокисом калію або натрію, яка відбувається в реакторі-змішувачі при співвідношенні компонентів 10:1, тобто на 100 літрів метилового спирту потрібно додати 10 кг гідроксиду калію;
- реакція переетерифікації рослинної олії в метилові ефіри, яка здійснюється при турбулентному перемішуванні компонентів у горизонтальній і вертикальній площинах при вмісті метилату калію 10–13 % від об'єму олії і під час якої відбувається лужний гідроліз жирних кислот і утворення гліцерину та вищих карбонових кислот, які в подальшому вступають

Таблиця 1. Властивості дизельного біопалива, отриманого з різних олійних культур

Вид рослинної олії	Показники			
	Густина*, кг/м ³	Кінематична в'язкість, мм ² /с	Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	Об'ємний вихід біопалива, %
Ріпакова	878	7,70	135	86,5
Ляна	887	7,11	140	89,3
Соєва	880	7,88	137	83,2
Рижієва	885	8,00	136	85,4
Грчична	878	7,83	121	86,5
Соняшникова	885	7,94	123	83,3
Дизельне біопаливо ДСТУ 6081:2009	860...900**	3,5-5***	120****	-

* – при температурі 20°C, ** – при температурі 15°C, *** – при температурі 40°C, **** – температура спалаху в закритому тиглі.

- в реакцію з метиловим спиртом, в результаті чого утворюється складний ефір, який є основною частиною дизельного біопалива;
- розшарування отриманої емульсії в спеціальному гравітаційному відстійнику;
- очищення отриманого пального від залишків метилового спирту.

На сьогодні нами отримано дизельне біопаливо, що відповідає чинним стандартам, з ріпакової, ляної, соєвої, рижієвої, грчичної і соняшникової олій та проведені дослідження з визначення їх основних властивостей.

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що найбільш перспективним є дизельне біопаливо, отримане із ляної олії, оскільки в нього найкращий об'ємний вихід, найнижча кінематична в'язкість, найвищі показники питомої густини та температури спалаху у відкритому тиглі.

Враховуючи те, що зерно олійного льону містить 49 % жиру, а макуха містить 33,5 % білку та близько 9 % жиру і за кормовими властивостями переважає макуху інших олійних рослин, що важливо для годівлі тварин, крім того, солома містить до 50 % целюлози [7] – отримання рідкого та твердого біопалива з цієї культури є перспективним напрямом. Проте є ряд недоліків, до яких потрібно, в першу чергу, віднести високе йодне число 175–195 (олія має високу здатність до окислення) та низьку врожайність. У 2008 році в середньому по Україні вона склала 10,9 ц/га проти 21,0 ц/га для ріпаку [7, 8].

Зазначені установки мають нескладну конструкцію, прості в обслуговуванні, проте мають підвищену енергоємність та металоемність, велику кількість приводних механізмів, які зменшують надійність роботи та створюють шум, складність дотримання оптимальних режимів процесу етерифікації, а сам процес отримання ефірів характеризується перевитратою реагентів та підвищенням вмісту метанолу в біопаливі та гліцериновому осаді.

Для підвищення експлуатаційних параметрів, зменшення енергомосткості та габаритних розмірів нами було розроблено конструктивно-технологічну схему установки для виробництва дизельного біопалива із застосуванням трубчатого етерифікатора (рис. 3).

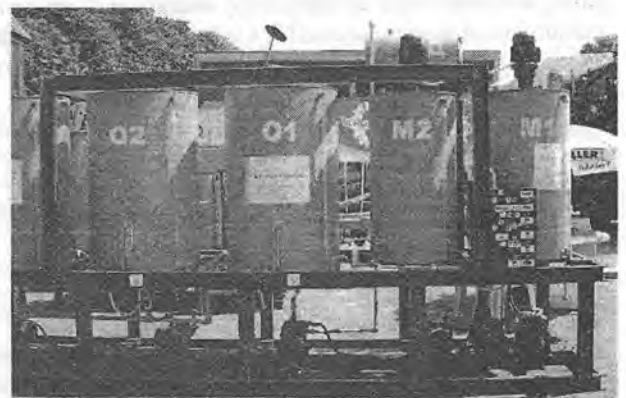


Рис. 2. Загальний вигляд установки UBME-1000.

Таке обладнання для виробництва дизельного біопалива містить змішувач метилового спирту 1 з каталізатором, реактор для етерифікації жиру 2 та гравітаційний розділювач емульсії 3, причому змішувач метилового спирту 1 з каталізатором включає контейнер метилового спирту 4, контейнер каталізатора 5, дозатор каталізатора 6, бункер для каталізатора 7, ємність для змішування 8, ємність накопичення метилату калію 9, трубопровід подачі метилового спирту 10, патрубки для подачі 11 та відведення 12 метилового спирту при перемішуванні, патрубков 13 подачі метилату калію в ємність 9 накопичення метилату калію та насос 14. По перерізу ємності для змішування метилового спирту 8 з каталізатором встановлено сітку 26 з розмірами отворів, що забезпечують непопадання сухої речовини каталізатора в метиловий спирт без її розчинення, а патрубки для подачі 11 та відведення 12 метилового спирту, встановлено відповідно над сіткою 26 та під нею.

Реактор 2 для етерифікації жиру містить контейнер 15 для жиру, змішувач потоків метилату калію з жиром 16, насос 17, трубопровід подачі метилату калію 18 та жиру 19 і трубчатий змішувач 20 для етерифікації жиру. Гравітаційний розділювач емульсії 3 має ємність 21, патрубки підводу емульсії 22, відводу дизельного біопалива 23 та

гліцеринового осаду 24 і лійку 25 для відводу дизельного біопалива.

Змішувач 16 потоків метилату калію з жиром реактора 2 для етерифікації жиру виконано у вигляді набору каналів, на які розгалужується трубопровід 18 подачі метилату калію і які встановлено у трубопроводі 19 для подачі жиру. Співвідношення сумарної площі поперечних перерізів набору каналів і трубопроводу 19 подачі жиру еквівалентно співвідношенню метилату калію та жиру. Змішувач потоків метилату калію з жиром 16 через насос 17 з'єднано із трубчатим змієвиком для етерифікації жиру 20 і містить вставки-турбулізатори 27, які виконано у вигляді двох послідовно з'єднаних патрубків із протилежно спрямованими спіральними нарізками, між якими встановлено дросельний перехідник. Діаметр спіральної нарізки менший від внутрішнього діаметру трубчатого змієвика для етерифікації жиру 20.

Патрубок відводу емульсії 22 у гравітаційному розділювачі емульсії виконано у вигляді трубопроводу з отворами, встановленого по периметру місткості 21 гравітаційного розділювача емульсії 3, а лійку 25 для відводу дизельного біопалива встановлено над трубопроводом з отворами.

Обладнання працює наступним чином: до ємності для змішування 8 із контейнера метилового спирту 4 через трубопровід подачі метилового спирту 10 подається метиловий спирт, а із контейнера каталізатора 5 дозатором каталізатора 6 через бункер для каталізатора 7 на сітку 26 подається каталізатор. В ємності 8 для змішування через патрубку подачі 11 і відводу 12 метилового спирту за допомогою насоса 14 відбувається змішування метилового спирту з каталізатором.

Після завершення перемішування утворений метилат калію через патрубку відводу 12 метилового спирту і подачі 13 метилату калію за допомогою насоса 14 потрапляє до ємності накопичення метилату калію 9, із якої потім через трубопровід 18 постійно самопливом подається до змішувача потоків метилату калію з жиром 16, а на його місце до ємності для змішування 8 із контейнера 4 подається нова порція метилового спирту, а із контейнера каталізатора 5 через дозатор 6 та бункер 7 подається нова порція каталізатора на сітку 26. Час приготування кожної порції метилату калію в ємності для змішування 8 не повинно перевищувати часу використання попередньої порції метилату калію. Рослинний жир подається самопливом із контейнера 15 через трубопровід 19 до змішу-

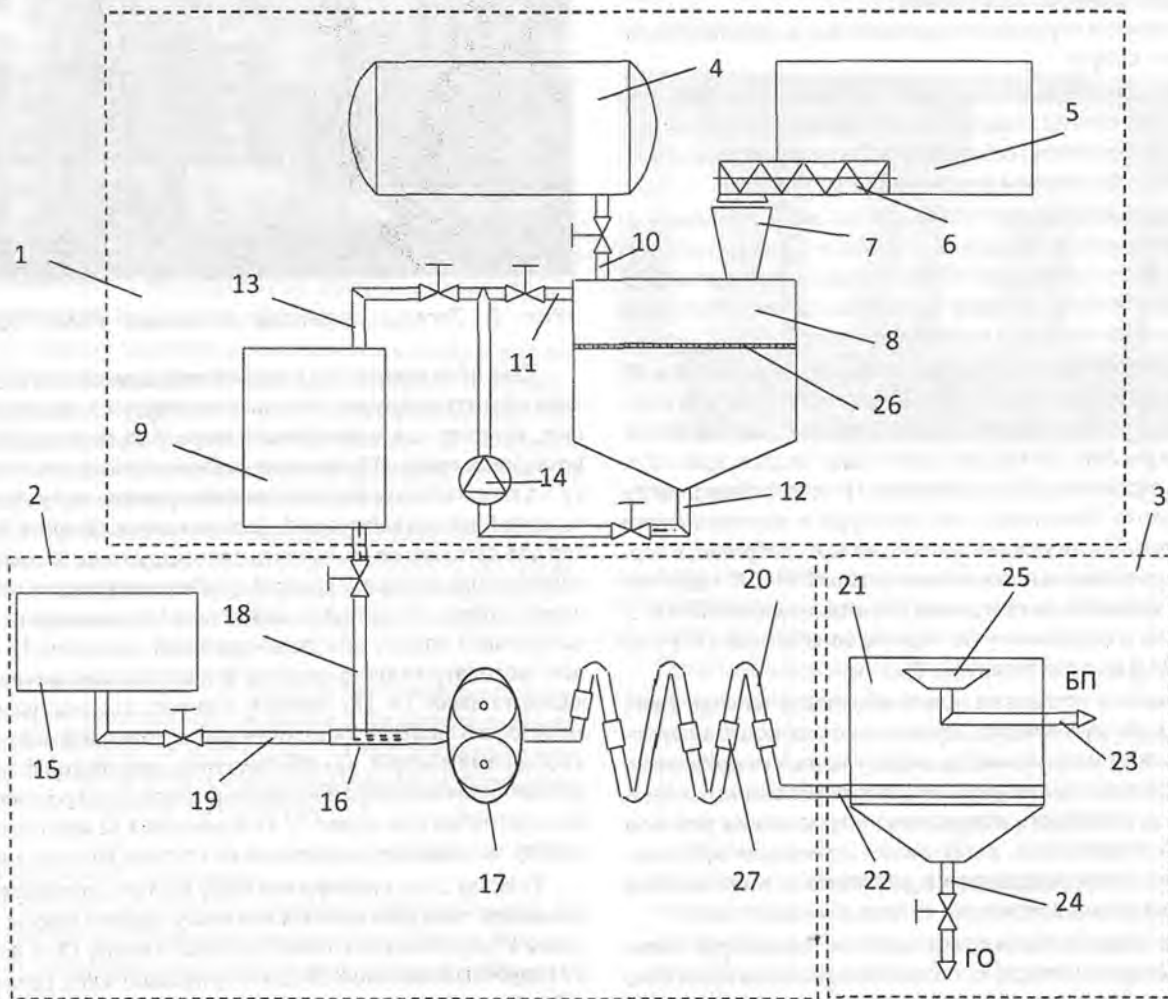


Рис. 3. Конструктивно-технологічна схема обладнання для виробництва дизельного біопалива із використанням гідродинамічного змішування.

вача потоків 16 метилату калію з жиром. Із змішувача потоків 16 суміш метилату калію з жиром насосом 17 подаються до трубчатого змішувача 20 для етирфікації жиру, де за допомогою вставок-турбулізаторів 27 перемішуються, що забезпечує якісне проходження етирфікації жиру.

Після проходження етирфікації жиру отримана емульсія надходить у гравітаційний розділювач 3 через патрубок 22 підводу емульсії, в якому відбувається розділення на дизельне біопаливо та гліцериновий осад. Дизельне біопаливо відводиться із гравітаційного розділювача 3 через лійку 19 і патрубок 23, а гліцериновий осад виводиться із гравітаційного розділювача через патрубок 24.

Обладнання забезпечує безперервність отримання дизельного біопалива та дозволяє зменшити питому енергомісткість виробництва за рахунок інтенсифікації процесу перемішування при етирфікації та матеріаломісткість обладнання за рахунок використання гідрозмішування метилового спирту з каталізатором [9].

Застосування гідродинамічного реактора-змішувача з трубчастим етирфікатором дозволяє підвищити продуктивність технологічних ліній в 2,5–3 рази, яка лімітується продуктивністю насосного агрегата, що в свою чергу позитивно відображається на зниженні ціни комплексу такого обладнання.

На рис. 4 показано установку для виробництва дизельного біопалива продуктивністю від 5 до 20 л/год., у залежності від режимів роботи живильних насос-дозаторів і довжини та діаметра трубчастого етирфікатора. Вона має ємності для рослинної олії та розчину каталізатора в метиловому спирті, живильні насос-дозатори, з'єднані гнучкими трубопроводами з ємностями, трубчастий етирфікатор з турбулізаторами, гравітаційний розділювач отриманої емульсії безперервної дії, який містить фільтруючий елемент тонкої очистки отриманого дизельного біопалива та патрубки зливу, відповідно, дизельного біопалива і гліцеринового осаду.

Для встановлення взаємовпливу кількості турбулізаторів n (шт), довжини реактора L (м) та числа Рейнольдса Re при вході у реактор на питому енергомісткість процесу виробництва біодизельного палива A (кВт год/т) за результатами експериментів було отримано математичну модель, яка має вигляд:

$$A = 2,6324 + 0,0089n + 0,0006L - 25,3 Re - 0,0001n^2 + 65,59 Re + 0,0418n Re + 0,0112L Re$$

Мінімальні значення функції питомої енергомісткості при забезпеченні належної якості реакції етирфікації, що характеризується мінімальним виходом (не вище 15 %) гліцеринового осаду від змішаної емульсії, знаходяться в діапазоні зміни числа Рейнольдса робочої рідини на вході в реактор від 0,101 до 0,135 і становить 0,72–0,76 кВт год/т.

Удосконалення конструкції та принципів роботи обладнання для виробництва дизельного біопалива дозволяє суттєво покращити його техніко-економічні показники.

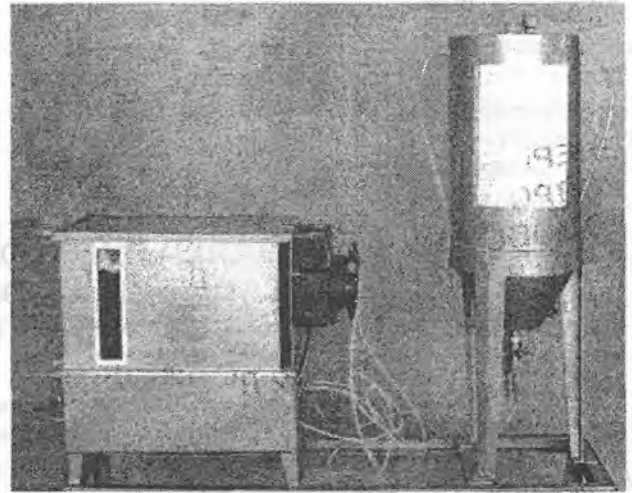


Рис. 4. Загальний вигляд лабораторної установки УБ-ТР-20.

Література

1. Біопалива (технологія, машини і обладнання) / В. О. Дубровін, М. О. Корчемній та ін. — К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. — 256 с.
2. Голуб, Г. А. Енергетична автономність агросистем // Вісник аграрної науки. — 2010. — № 3. — С. 50–54.
3. Голуб, Г. А. Інженерні проблеми виробництва і використання біопалив в АПК // Вісник аграрної науки. — 2010. — Спеціальний випуск, травень. — С. 82–87.
4. Голуб, Г. А., Віршовка, М. І., Чуба, В. В., Кучик, Н. Г. Моделювання процесів виробництва і використання біопалив // Праці Таврійського держ. агротехнологічного ун-ту. — 2010. — Вип. 10, т. 7. — С. 253–261.
5. Віршовка М. І. Фізико-хімічні властивості альтернативного пального на основі рослинних олій // Механізація та електрифікація сільського господарства. — 2002. — Вип. 86. — С. 290–294.
6. Віршовка, М. І. Виробництво та використання біодизельного палива // Зб. тез доповідей молодих вчених XIV Міжнар. наук.-практ. конф. «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві». — Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2007. — С. 25–30.
7. Зінченко, О. І. та ін. Рослинництво: Підручник. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 591 с.
8. Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України у 2008 році — К., Держкомстат України, 2009. — 136 с.
9. Віршовка, М. І., Голуб, Г. А., Аландаренко, О. Ф., Шаталов, В. І. Обладнання для виробництва біодизельного палива: Патент 89320. Україна. МПК С10Л1/08, С07С67/02, С07С67/03, С11С1/00, В01J14/00. — № а200810844; Заявлено 02.09.2008; Опубліковано 11.01.2010, Бюл. № 1. — 4 с.

Надійшла 10.03. 2011