

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА

Геннадий Голуб, Максим Павленко, Савелий Кухарец

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Украина, г. Киев, ул. Героев Оборонь, 15

Gennadii Golub, Maksym Pavlenko, Saveliy Kuharets

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine

Аннотация. Приведено эффективность использования оборудования для производства дизельного биотоплива с применением гидромеханического и циркуляционного перемешивания.

Ключевые слова: растительное масло, дизельное биотопливо, гидромеханическое перемешивание, циркуляционное перемешивание.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Раствор щелочного катализатора в метиловом спирте слабо растворим в растительном масле. После добавления раствора щелочного катализатора в метиловом спирте в растительное масло жидкости располагаются слоями в соответствии значению их плотностей. В связи с этим необходимо выполнять их перемешивание в турбулентном режиме, чтобы получить эмульсию.

Чем больше межфазная поверхность, тем быстрее проходит этерификация, так как она происходит в местах поверхности контакта реагентов. Однако чрезмерно интенсивное перемешивание приводит к разрушению поверхности контакта реагентов, что в свою очередь не позволяет происходить реакции этерификации в полной мере. В связи с этим необходимо обеспечивать как перемешивания эмульсии в области «перемешивания», так и прохождение реакции этерификации в области «прохождения реакции» [10, 12], в условиях меньшего уровня турбулизации суспензии.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе процесса производства дизельного биотоплива лежит этерификация ненасыщенных жирных кислот растительных

масел во время перемешивания растительного масла с метилатом калия или натрия. Наиболее распространенный способ перемешивания при производстве дизельного биотоплива это перемешивание механическими мешалками лопастного, рамного, якорного, пропеллерного и другими типами в реакторах периодического действия [11, 13, 14, 18, 19].

Ведутся исследования по применению кавитационного перемешивания при проведении этерификации. Однако использования этого метода может привести к раздроблению структурных составляющих растительного масла до однородной массы, которая не разделяется на дизельное биотопливо и глицериновый осадок. Также для кавитационного перемешивания характерно быстрое смешивание, в то время как этерификация растительных масел имеет определенную скорость химической реакции, а потому при таком перемешивании этерификация растительных ненасыщенных жирных кислот будет неполноценной [1, 15, 16, 17, 20].

Турбулентное гидравлического перемешивания в потоке [6, 7, 8] с применением трубчатого этерификатора обеспечивает качественное смешивание растительного масла с раствором метилата калия или натрия в метиловом спирте. В этом случае, за счет длины трубчатого этерификатора и необходимого количества турбулизаторов обеспечивается полное прохождение реакции этерификации. Характерной особенностью такого оборудования является возможность применения более простого в техническом плане оборудования, имеющего меньшую металлоемкость и обеспечивающего меньшую энергоемкость производства дизельного биотоплива. Турбулентное гидравлического перемешивания в потоке целесообразно

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА

но использовать в реакторах непрерывного действия. Его использование в реакторах периодического действия, которые находят применение в агропромышленном производстве нецелесообразно.

Гидромеханическое перемешивание также обеспечивает качественное смешивание во всем объеме реактора. Такое перемешивание происходит за счет вылета смеси из форсунок, в результате чего образуется реактивная сила, которая создает вращательное движение мешалки с лопатками, а они, в свою очередь, осуществляют дополнительное перемешивание смеси. Использование данного типа перемешивания обеспечивает двойное смешивание компонентов, за счет которого обеспечивается качественный и выход дизельного биотоплива. Данное оборудование разработано для использования в сезонной работе с применением агропромышленной технологии производства дизельного биотоплива [2, 3, 4, 5, 21].

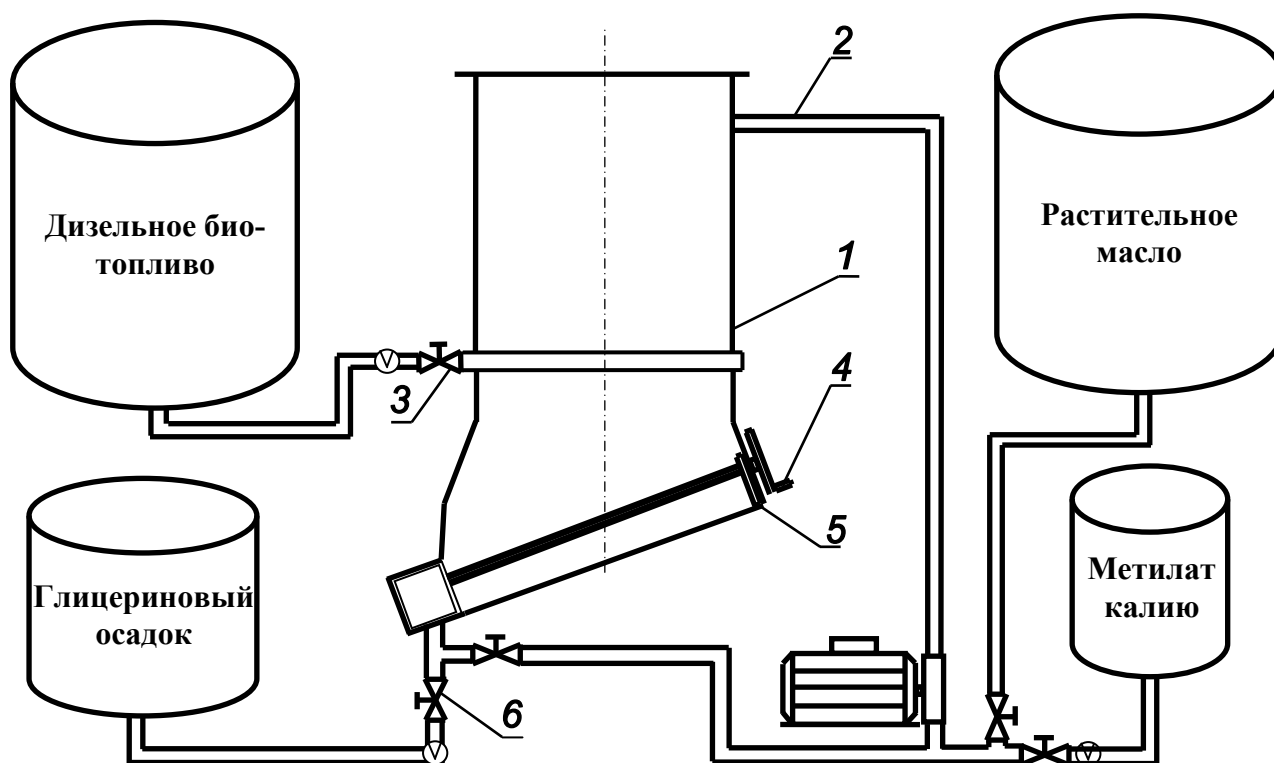
Не менее эффективными устройствами для производства дизельного биотоплива есть устройства циркуляционного перемешивания, для которых характерно отсутствие мешалок.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Провести оценку эффективности использования оборудования для производства дизельного биотоплива с применением гидромеханического и циркуляционного перемешивания.

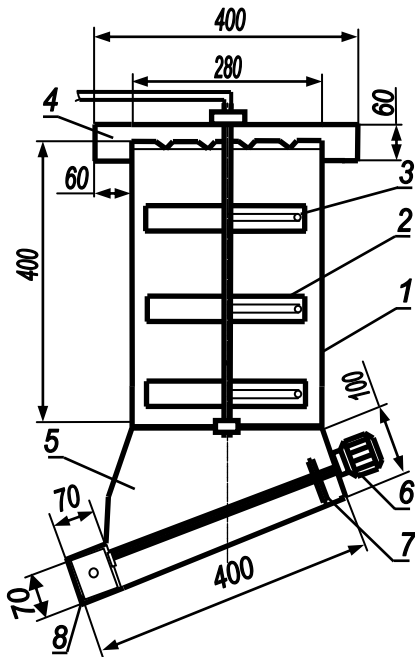
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Технологическую схему производства дизельного биотоплива для нужд фермерских хозяйств изображено на рис. 1, а на рис. 2 общий вид реактора для производства дизельного биотоплива с использованием гидромеханического перемешивания.



1 – корпус реактора; 2 – патрубок подвода эмульсии; 3 – кран дизельного биотоплива; 4 – механизм удаления глициринового осадка; 5 – скребок; 6 – кран для удаления глициринового осадка

Рис. 1. Технологическая схема производства дизельного биотоплива
Fig. 1. Technological scheme of biodiesel production



1 – корпус реактора; 2 – гидромеханическая мешалка; 3 – форсунка; 4 – крышка реактора; 5 – наклонное дно; 6 – электродвигатель; 7 – скребок; 8 – камера для удаления осадка

Рис. 2. Общий вид реактора с гидромеханическим перемешиванием
Fig. 2. General view of hydro mechanical mixing reactor

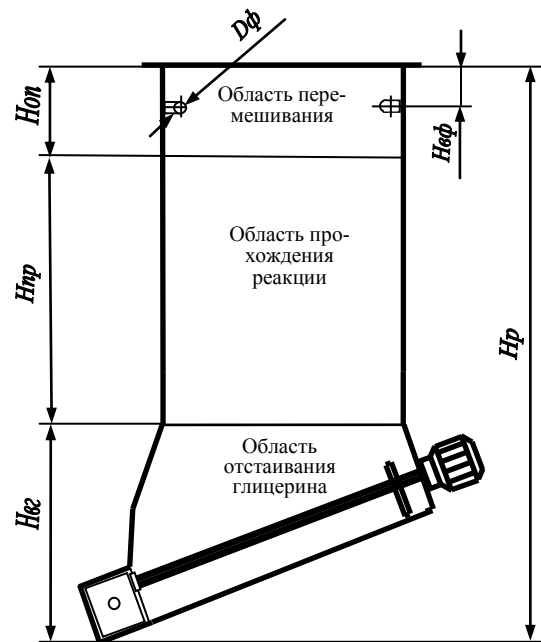
Для выполнения процесса этерификации растительных масел с целью получения дизельного биотоплива нами предложено использовать оборудование на основе циркуляционного перемешивания, осуществляемое многократной перекачкой жидкости по замкнутому контуру (рис. 3). Благодаря тому, что форсунки установлены в корпусе реактора на одном уровне по высоте и ориентированы таким образом, чтобы при перекачке эмульсии образовывать турбулентный круговой поток эмульсии в его верхней части, обеспечивается равномерное послойное перемешивания эмульсии в зоне размещения форсунок. При откачке эмульсии из нижней части реактора, перемешанный слой эмульсии опускается ниже в зону прохождения реакции этерификации в условиях меньшего уровня турбулизации.

После полного прохождения реакции этерификации растительного масла, полученная эмульсия остается в реакторе до полного разделение на фракции дизельного биотоплива и глицеринового осадка. Откачка дизельного биотоплива осуществляется насосом через патрубок, который установлен

на поплавковому устройстве. Дизельное биотопливо перекачивается в емкость для хранения биотоплива, которая оснащена устройством для удаления метанола.

Циркуляционный реактор при производстве дизельного биотоплива обеспечивает уменьшение затрат энергии на перемешивание и упрощение конструкции оборудования при обеспечении показателей качества дизельного биотоплива.

Использование гидромеханического перемешивания обеспечивает удельную энергоёмкость производства дизельного биотоплива на уровне от 1,3 до 1,5 кВт ч/т.



H_p – высота реактора, м; $H_{оп}$ – высота области перемешивания, м; $H_{пр}$ – высота области прохождения реакции, м; $H_{вг}$ – высота области отстаивания глицерина, м; d_ϕ – диаметр сопла форсунки, м; $H_{вф}$ – высота установки форсунок, м

Рис. 3. Схема циркуляционного реактора
Fig. 3. Diagram circulation reactor

При полной замене дизельного топлива, которое используется в сельском хозяйстве Украины (1350-1360 тыс. т) и стоимости электроэнергии для сельского хозяйства 0,79 грн/кВт ч. экономия средств на производство дизельного биотоплива будет составлять около 10 млн. грн на один год. Соответственно, при замене 10% дизельного топлива на дизельное биотопливо, экономия будет составлять соответственно 1 млн. грн/год.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА

Ценовые показатели производства дизельного биотоплива и конъюнктура рынка постоянно менялись. Так, например, стоимость метанола выросла с 5000 до 8596 грн/т, стоимость реактивов с 999 до 1717 грн/т, стоимость растительного масла от 3085 до 6834 грн/т. С 2008 по 2013 год рентабельность производства дизельного биотоплива изменялась от 1% до 50%, а срок окупаемости 0,20 до 7,68 лет. Средний срок окупаемости оборудования для производства дизельного биотоплива в указанные годы составил 1,9 года.

Экономическая эффективность производства дизельного биотоплива с применением гидромеханического перемешивания достигается за счет уменьшения энергоемкости его производства и металлоемкости оборудования, а соответственно его стоимости и амортизационных отчислений.

Технико-экономическое обоснование применения циркуляционного реактора выполнено на основе общепринятых экономических показателей по методикам, изложенным в [7, 8]. В качестве критерия для оценки экономической эффективности принято минимальные расходы на производство дизельного биотоплива в условиях фермерских хо-

зяйств. Согласно расчету, себестоимость производства дизельного биотоплива составляла от 12172 грн/т (для предприятия с площадью пашни 1000 га и использовании циркуляционного реактора объемом 2 м³) до 12887 грн/т (для предприятия с площадью пашни 100 га и использовании циркуляционного реактора объемом 0,4 м³). При расчетах себестоимости принято стоимость растительного масла 9700 грн/т и стоимость метилата калия 11000 грн/т. В общем виде зависимость себестоимости дизельного биотоплива от площади пашни и объема реактора можно предстать следующим зависимостью:

$$C_D = 12908,5495 - 3,3934S + 606,7126V_P + 0,0012S^2 + 0,4092SV_P - 132,319V_P^2.$$

В графическом виде данная зависимость приведена на рис. 4.

ВЫВОД

При рыночной стоимости дизельного топлива на уровне 16000 грн/т, годовая прибыль от производства дизельного биотоплива составит от 165 грн/га до 206 грн/га, а уровень рентабельности его производства – от 17% до 22%.

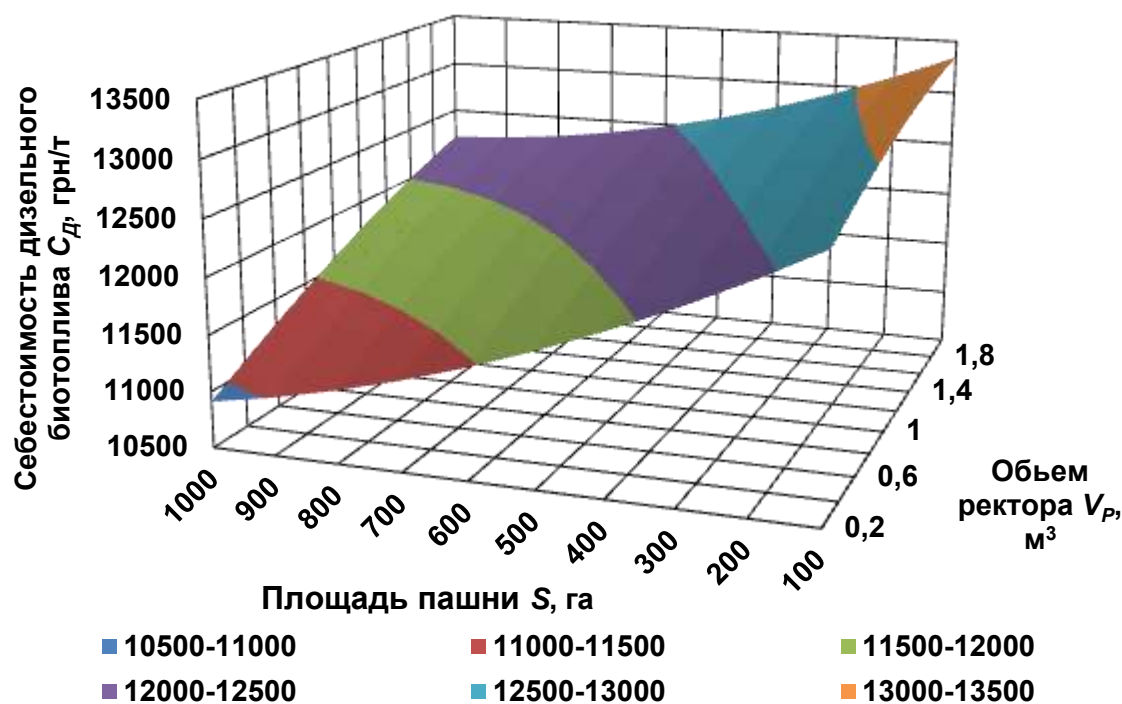


Рис. 4. Зависимость себестоимости дизельного биотоплива C_D от площади пашни S и объема реактора V_P

Fig. 4. Dependence of the cost of biodiesel from C_D arable land and S reactor volume V_P

ЛИТЕРАТУРА

1. Viktoristannya 2011: Viktoristannya gidrodinamichnoi kavitatsii u virobnitstvi dizel'nogo biopaliva / [Sukhenko Yu., Litvinenko O., Sukhenko V., Mushtruk M., Boyko Yu.] // Tekhnika ta tekhnologii APK. Doslidnits'ke. – № 10 (25). – 33–36.
2. Golub G.A. 2014: Vzeyemozv'yazok potuzhnosti nasosa ta parametriv gidroreaktivnoi mishalki pri peremishuvanni ripakovoi olii / G.A. Golub, M.Yu. Pavlenko // Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini. Seriya: tekhnika ta energetika APK / Redkol.: D.O. Mel'nichuk (vidp. red.) ta in. – K.: VTs NUBiP Ukraini. – Vip. 196, ch.1. – 60–65.
3. Golub G.A. 2014: Viprobuvannya gidroreaktivnogo zmishuvacha pri virobnitstvi dizel'nogo biopaliva / Golub G.A., Pavlenko M.Yu. // Tekhniko-tekhnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannya novoi tekhniki i tekhnologiy dlya sil's'kogo gospodarstva Ukraini: zbirnik nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. – Doslidnits'ke, – Vip. 18 (32), kn. 2. – 350–355.
4. Golub G.A. 2014: Vpliv parametriv gidroreaktivnoi mishalki na ii chastotu obertannya pri virobnitstvi dizel'nogo biopaliva / G.A. Golub, M.Yu. Pavlenko // Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya sil's'kogo gospodarstva. – Vip. 99. – T. 2. – Glevakha. – 84–93.
5. Golub G.A. 2013: Obladnannya dlya virobnitstva dizel'nogo biopaliva / G.A. Golub, V.V. Chuba, M.Yu. Pavlenko // Zbirnik tez dopovidey KhIII vseukrains'koi konferentsii naukovopedagogichnikh pratsivnikov, naukovikh spivrobotnikov ta aspirantiv «Problemi ta perspektivi rozvitku tekhnichnikh ta bioenergetichnikh sistem prirodokoristuvannya» / Navchal'no-naukoviy tekhnichniy institut Natsional'nogo Universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini. – K. – 12.
6. Golub G.A. 2009: Parametri kil'tseвого trubchastogo eterifikatora dlya virobnitstva biodizel'nogo paliva / G.A. Golub, M.I. Vir'ovka // Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini / Redkol. D.O. Mel'nichuk (vidp. red.) ta in. – K. – Vip. 134, ch.2. – 124–130.
7. Golub G.A. 2012: Cobivartist' virobnitstva olii ta dizel'nogo biopaliva v umovakh sil's'kogospodars'kikh pidpriyemstv / Golub G.A., Luk'yanets' S.V. // Suchasni problemi zbalansovanogo prirodokoristuvannya: Zbirnik naukovikh prats' / Podil's'kiy derzhavniy agrarno-tekhnichniy universitet (PDATU); Naukoviy redaktor: Bakhmat M.I. – Kam'yanets'-Podil's'kiy. – Spetsial'niy vipusk do VII naukovopraktichnoi konferentsii. – 207–212.
8. Golub G.A. 2013: Analiz dinamiki spivvidnoshennya tsin na zerno ta palivo dlya dizeliv / Golub G.A. Luk'yanets' S.V. // Naukovi pratsi Pivdenного filialu Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini "Krim's'kiy agrotekhnologichniy universitet": Ekonomichni nauki. – Vip. 152. – Simferopol': VD "ARIAL". – 101–109.
9. Kompleksni 2011: Kompleksni energooshchadni sistemi virobnitstva i vikoristannya tverdikh ta ridkikh biopaliv v umovakh APK : rekomendatsii dlya agropromislovikh pidpriyemstv Ukraini / [M.D. Mel'nichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko, V.M. Polishchuk ta in.]; NUBiP Ukraini. – K.: NUBiP Ukraini. – 66–74.
10. Kukharets' S.M. 2014: Analiz protsesu otrimannya biodizel'nogo pal'nogo ta obhruntuvannya osnovnikh parametriv reaktora-rozdilyuvacha / S.M. Kukharets', G.A. Golub, V.M. Khrus // Suchasni problemi zbalansovanogo prirodokoristuvannya: Zbirnik naukovikh prats' / Podil's'kiy derzhavniy agrarno-tekhnichniy universitet (PDATU); Naukoviy redaktor: Ivanishin I.I. – Kam'yanets'-Podil's'kiy – Spetsial'niy vipusk do IKH naukovopraktichnoi konferentsii. – 137–143.
11. Maslo I.P. 2004: Virobnitstvo ta vikoristannya biopaliva na osnovi roslinnikh oliy / I.P. Maslo, V.P. Zabors'kiy, M.I. Vir'ovka // Materiali mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferentsii „Problemi ta perspektivi rozvitku agrarnoi mekhaniki”. – Dnipropetrovs'k, 2004. – 49–51.
12. Dragnyev S.V. 2009: Obruntuvannya adaptivnogo protsesu i parametriv reaktora dlya oderzhannya metilo-vikh efiriv roslinnikh oliy: avtoref. dis. ... kand. tekhnichnikh nauk: 05.05.11 – mashini i zasobi mekhanizatsii sil's'kogospodars'kogo virobnitstva / S.V. Drag-

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА

- nyev; Natsional'niy universitet bioresursiv i prirodozoristuvannya Ukraini. – K. – 20.
13. Polishchuk V.M. 2010: Tekhnologii virobnitstva biodizelya (oglyad) / V.M. Polishchuk, S.Ye Tarasenko, I.D. Gumenyuk, M.M. Yastrub, O.V. Polishchuk // Naukoviy visnik Natsional'nogo universitetu bioresursiv i prirodozoristuvannya. – Kiev, 2010. – 354–359.
14. Sil's'ke 2011: Sil's'ke gospodarstvo Ukraini. Stat. zb.; za red. Yu.M. Ostapchuka. – K.: Derzhavna sluzhba statistiki Ukraini. – 370.
15. Umins'kiy S. 2013: Hidrodinamichne obladnannya dlya otrimannya biopaliva / S. Umins'kiy, S. Inyutin // Tekhnika ta tekhnologii APK. Doslidnits'ke: – № 2 (41). – 11–13.
16. Polishchuk V. 2012: Alternativnyye dizelnyye topliva / Viktor Polishchuk, Valeriy Dubrovin, Aleksey Polishchuk // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. Vol. 14 C. – 20–31.
17. Mushtruk M. 2012: Intensyfikatsiya protsesa preobrazovaniya zhirov v dizelnoye biotopliivo. Mikhail Mushtruk, Yuriy Sukhenko, Vladislav Sukhenko // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. – T. 14C. – 96–103
18. Jevič P. 2012: Technical standart for rapeseed oil as fuel / Petr Jevič, Valeriy Dubrovin, Eugeniusz Krasowski // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. – Vol. 14C. – 4–8.
19. Kravchuk V.I. 2010: Tekhnologii ta obladnannya dlya vikoristannya ponovlyvanikh dzherel energii v silskogospodarskomu virobnitstvi / Za red. Kravchuka V.I., Dubrovina V.O. – Doslidnitske: UkrNDPIVT im. L. Pogorilogo. – 51–68.
20. Melnichuk M.D. 2011: Kompleksni energooshchadni sistemi virobnitstva i vikoristannya tverdikh ta ridkikh biopaliv v umovakh APK: rekomendatsii dlya agropromislovikh pidpriyemstv Ukraini / [M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko, V.M. Polishchuk ta in.]; NUBiP Ukraini. – K.: NUBiP Ukraini. – 66–70.
21. Blyum Ya.B. 2010: Novitni tekhnologii bioyen-ergokonversii: Monografiya / Ya.B. Blyum, G.G. Geletukha, I.P. Grigoryuk, V.O. Dubrovin, A.I. Yemets, G.M. Zabarniy, G.M. Kaletnik, M.D. Melnichuk, V.G. Mirinenko, D.B. Rakhmetov, S.P. Tsigankov. – K.: «Agrar Media Grup». – 326.

EFFICIENCY USING EQUIPMENT TO PRODUCE BIODIESEL

Summary. Present economic evaluation of the use of equipment for biodiesel production using hydro circulation and mixing.

Key words: vegetable oil, diesel biofuel, hydro mixing, circulation mixing.