



УДК 661.188:620.952

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-4-12

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ РОЗДІЛЕННЯ ГЛІЦЕРИНОМІСТКОЇ СИРОВИНИ ВІД БІОПАЛИВА

Полєвода Юрій Алікович, к.т.н., доцент
Бурлака Сергій Андрійович, доктор філософії, старший викладач
Вінницький національний аграрний університет

Yurii Polievoda, Ph. D. in Eng., Associate Professor
Serhiy Burlaka, Doctor of Philosophy (Ph. D in Eng.), Senior Lecturer
Vinnytsia National Agrarian University

Транспорт споживає близько 20% світової первинної енергії, в основному нафту. Така ситуація є неприйнятною для країн, які не мають власних запасів нафти і хочуть мати стабільну економіку та енергетичну незалежність. Громади в багатьох країнах визнають, що ці проблеми продовжують супроводжувати використання автомобільного транспорту і вже давно приділяють серйозну увагу використанню альтернативних видів палива для транспортних засобів, включаючи біопаливо, природний газ і водень. Проте в умовах сучасного збільшення кількості об'єктів харчової промисловості необхідно мати справу з харчовими продуктами, які негативно впливають на навколишнє середовище, тобто харчовими жирами. За деякими даними, кількість сміття за добу може коливатися від кількох кілограмів до десятків тонн.

Приблизно 90% дизельного біопалива (ДБ) в основному отримують із олії та сировини, що переробляється, включаючи жири та олії тваринного або рослинного походження, які підлягають переробці. Біопаливо біологічно нешкідливий продукт. При контакті з водою воно не завдає шкоди водній флорі та фауні. У воді або ґрунті воно зазнає майже повного біологічного розкладання. При спалюванні дизельного біопалива виділяється набагато менше вуглекислого газу (CO₂), ніж при спалюванні звичайних видів палива. Звісно, є і недоліки. По-перше, біопаливо має низьку морозостійкість. Нерозбавлене біопаливо пошкоджує гумові шланги та прокладки. Біопаливо має певний термін придатності. Через збільшення витрат на технічне обслуговування відкладення можуть забруднювати паливну апаратуру та фільтри під час роботи. Особливу увагу варто звернути на вільний гліцерин, що залишається під час виробництва.

В статті розглянуто технології виробництва біопалива та методи видалення гліцерину. Основну увагу акцентовано на пристроях, що дозволяють видаляти гліцерин мобільно. В результаті чого запропоновано змішувач в якому встановлено фільтр для видалення залишкового гліцерину та проведено дослідження його роботи при використанні програми FlowVision. Виконана імітаційна модель роботи змішувача з отриманням показників його роботи

Ключові слова: біопаливо, фільтрування, гліцерин, змішувач, ротор, FlowVision, силовий агрегат.

Рис. 7. Табл. 1. Літ. 10.

1. Вступ

На теперішній час одними із основних проблем у виробничих галузях народного господарства є ефективне енергозабезпечення та заощадження матеріальних ресурсів. Тому економічна криза, стан екології, проблеми енергетичної безпеки вимагають пошуків альтернативних джерел енергії.

Нафтопродукти забруднюють навколишнє середовище та є причиною викидів значної кількості вуглекислоти, що спричиняє парниковий ефект і, як наслідок, може призвести до глобального потепління. Із року в рік родовища нафти вичерпуються, а нафтопродукти дорожчають. Подорожчання дизельного палива веде до зростання ціни на продукти харчування, а це вже загроза продовольчій безпеці української держави [1, 2]. Тому актуальним є пошук та дослідження нетрадиційних енергоносіїв та використання їх побічних продуктів.

Загальною потребою є питання контролю якості біодизельного палива, що регулюється специфікацією EN 14214, оскільки спостерігаються випадки утворення осаду на паливних форсунках, що призводить до зниження потужності двигуна та/або суттєвого скорочення ресурсу роботи двигуна.



Тому виникає проблема контролю вмісту загального і вільного гліцерину в складі типового біодизельного палива.

2. Мета дослідження

Найбільш поширеними методами визначення загального і вільного гліцерину є методи газорідинної хроматографії, високоефективної рідинної хроматографії та високотемпературної капілярної газової хроматографії. Однак ці методи потребують складного і дорогого обладнання, а також проведення попередньої дериватизації вихідної проби, що може призводити до виникнення небажаних похибок. Наявність вільного гліцерину сприяє корозії кольорових металів, утворення осаду на рухомих частинах і на лакофарбовому покритті, засмічення фільтрів, засмічення сопел паливних форсунок. Тому метою даного дослідження є пошук конструктивних та технологічних схем обладнання для вирішення досліджуваного процесу.

3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2030 року, згідно з якою попит на дизельне паливо у 2022 році повинен зрости до 8 млн. т. Відповідно обсяги виробництва біопалива з насіння ріпаку планується поступово збільшувати [1, 2, 4].

При виробництві біопалива використовуються такі технології [4]:

- циклічна з використанням каталізаторів за таких параметрів: температура реакції 65°C, тиск атмосферний, час від 20 хвилин до 2 годин, кількість каталізатора 1,5% від маси олії, вихід метилового ефіру до 85% від обсягу біопалива;

- безкаталізаторна циклічна (із застосуванням розчинників) за параметрів: температура реакції 30°C, тиск атмосферний, час від 5 до 10 хвилин, розчинник тетрагідроферан, вихід метилового ефіру до 98% від обсягу біопалива;

- багатореакторна безперервна з параметрами процесу: температура реакції від 80 до 160°C, тиск від 2 до 3 атм., час від 6 до 10 хвилин, кількість каталізатора до 1% від маси олії, вихід метилового ефіру до 98% від обсягу біопалива.

Найефективнішими технологіями виробництва біопалива є циклічна з використанням каталізаторів і багатореакторна безперервна. Безкаталізаторна циклічна використовує дорогі і агресивні розчинники, потребує додаткового устаткування та досить високої кваліфікації робітників і є екологічно небезпечною.

Вибір технології виробництва біопалива залежить від багатьох чинників: обсягу виробництва, виду і якості початкової сировини, способів очищення. Для обсягів виробництва біопалива від 500 до 5000 тон на рік, має перевагу циклічна технологія з використанням каталізаторів, до того ж вона краще підходить для переробки сировини невисокої якості. При обсягах виробництва більше 5000 тон на рік краще підходить багатореакторна безперервна технологія [4].

Враховуючи відсутність в Україні великих заводів по виробництву біопалива і низьку якість початкової сировини використовують саме циклічну схему з каталізатором.

За існуючою технологією відділений сирий гліцерин від біопалива відстоюється у ємкостях впродовж 3 місяців, в результаті чого розшаровується на фракції. Далі гліцерин піддають ряду хімічних і термічних реакцій. На виході отримують фармакопейний (дистильований) гліцерин [4, 5].

Відстоювання гліцерину впродовж такого тривалого терміну вимагає значних складських площ підприємства, призводить до тривалого процесу переробки означеної продукції, що в свою чергу є економічно не вигідним.

Дистильований гліцерин використовується у медичній, харчовій, фармацевтичній та інших галузях народного господарства. Так додавання гліцерину істотно покращує якість хліба, шоколаду, горілки, пом'якшує присмак тютюнових виробів. На основі гліцерину роблять розчини медичних препаратів, в яких концентрація вища ніж у зроблених на основі води, завдяки гігроскопічності гліцерину. Гліцерин повинен відповідати за якістю вимогам діючих стандартів по технологічній документації (ГОСТ 6824-96). Дійсний стандарт розповсюджується на сирий та дистильований гліцерин і встановлює правила прийомки і наступні методи визначення якості (ГОСТ 7482-96). В залежності від призначення дистильований гліцерин виготовляють наступних марок: Д-98 – динамітний; ПК-94 – для фармакопейних цілей, а також для харчової і косметичної промисловості; Т-94; Т-88 – технічний. Для виготовлення дистильованого гліцерину повинен застосовуватися сирий гліцерин по ГОСТ 6823-2000.



Якість гліцерину визначається за рядом характеристик (табл. 1).

Таблиця 1.

Фізико-механічні властивості гліцерину

Молекулярна маса	92,09
Густина, г/см ³ при 20°C	1,261
Показник заломлення, nD при 20°C	1,4735
Діелектрична проникність, ε при 25°C	42,5
Дипольний момент, Дб	2,56
В'язкість, мПз	9450
Температура кипіння, °C	290

Механічне перемішування з точки зору гідродинаміки є аналізом і вирішенням завдання (обтікання рідиною твердого тіла). При повільному русі тіла в рідині, що має високу в'язкість у її шарі, що примикає до поверхні цього тіла, утворюється тонкий прикордонний шар. Форма і товщина якого залежить від форми і розмірів тіла, швидкості руху, а також від щільності і в'язкості рідини. При високих швидкостях руху тіла відбувається відрив прикордонного шару від поверхні тіла, у першу чергу від його країв, що рухаються з найбільшою швидкістю. За тілом утворюється турбулентний слід, опір руху при цьому різко зростає [7].

При обертанні механічної мішалки найбільша швидкість спостерігається на її периферії (швидкість пропорційна радіусу обертання). Відповідно до рівняння Бернуллі в периферійній зоні, у порівнянні з центральною, утворюється область зниженого статичного тиску. Під дією зміни тиску, а також відцентрових сил, що виникають при обертанні, рідина спрямовується від центру до периферії [3, 5, 6].

У результаті виникають радіальні струмені рідини, які викликають її інтенсивне перемішування. Однак описати математично такий рух рідини надзвичайно складно, тому для опису гідродинаміки перемішування використовуємо критерій Рейнольдса. Використання змішувачів широко розповсюджене в машинобудуванні не лише при виготовленні, але й при експлуатації. Сучасні двигуни внутрішнього згорання можуть працювати на все ширшому різноманітті альтернативних джерел енергії, одним з яких є рослинні олії (біопаливо), проте системи живлення таких агрегатів часто потребують удосконалення та модернізації конструкції. Таким чином, для раціонального вибору фільтруючого елемента (для гліцерину) слід провести огляд існуючого обладнання.

Продуктивність фільтра і чистота фільтрату багато в чому залежать від фільтруючої перетинки, яку використовують. Правильно вибрана перетинка повинна забезпечувати необхідну ступінь затримання твердих частинок при мінімально можливому гідравлічному опорі. Крім цього, перетинка повинна легко відділятися від осаду, володіти достатньою механічною стійкістю. Залежно від розміру дисперсних частинок, хімічної агресивності й в'язкості рідкої фази суспензії на практиці використовують фільтруючі перетинки зі скляних, бавовняно-паперових, вовняних і полімерних тканин та волокон, металевих сіток тощо [3, 4, 5].

Розрахунок фільтрів представляє собою складне завдання, так як на процес розділення неоднорідних рідин має вплив велика кількість різних факторів. Існує загальна схема розрахунку фільтрів при наявності певних припущень, які спрощують закономірності розділення суспензій та емульсій. До таких припущень відносять відсутність осадження твердих частинок під дією сили тяжіння; зміни опору фільтруючої перетинки в процесі роботи; зміни питомого опору осаду в окремих операціях для фільтрів, які працюють періодично [3].

Провівши літературний пошук, можна відзначити наступні схеми відстійників. У Національному університеті харчових технологій розроблений відстійник-згущувач [3]. В основу винаходу поставлено завдання створення таких гідродинамічних режимів у зоні розподілення суспензії I між зонами II освітлення і доосвітлення, при яких досягається відповідно вирівнювання і рівномірний розподіл вихідної суспензії перед зоною освітлення, а також поступове, в ламінарному режимі, підведення частково освітленої суспензії до тонкошарових модулів.

Первинний відстійник [3], розроблений в Придніпровській державній академії будівництва та архітектури. Принцип роботи відстійника базується на поділі суспензій під дією сили ваги, зокрема для очищення від механічних домішок. Підвищення ефективності роботи даного відстійника досягається наданням йому функцій, що спрямовані на переробку дрібнодисперсних органічних домішок та запобігання їх виносу за межі відстійника. Недоліками розглянутої конструкції є недостатня інтенсивність процесу масообміну між повітрям та рідиною, громіздкість та великі будівельні питомі вартості.



Тонкошаровий відстійник розроблений Баракаєвим А. М., Жариновим М. І. в якому розділення неоднорідної рідкої сировини проходить під дією гравітації. Дана конструкція відстійника забезпечує скорочення часу перебування в апараті полідисперсної суспензії з питомою вагою зважених частин, які близькі до питомої ваги рідини, за рахунок створення оптимальних умов ущільнення суспензії на різних рівнях відстійника. До недоліків можна віднести неякісне розділення полідисперсних суспензій, коли питома вага зважених частинок близька до питомої ваги рідини.

Захаревичем В. Б. та Краженком Л. Й. (НУХТ) розроблено відстійник для розділення суспензій. Суспензія поступає в приймальну камеру, в котрій пари й газу, які надійшли разом із суспензією, відділяються й відводяться через патрубок відводу газів. Із приймальної камери через вихідний розподільник суспензія поступає в простір між приймальною камерою й корпусом відстійника, що є камерою осадження. Частинки твердої фази, що випадають в осад у кожний момент часу, на всьому шляху осадження знаходяться в умовах однакової об'ємної концентрації, і швидкість осадження залишається постійною. Освітлений декантат піднімається вздовж похилих стінок камери осадження і відводиться через зливні патрубки. Тверді частинки, що осіли на похиле днище, рухаються до патрубка для відводу згущеного осаду й виводяться з відстійника. Недоліками описаного пристрою є невисока швидкість відстоювання, займання досить великої виробничої площі.

Відстійник [3] призначений для розділення суспензій. По даній схемі обладнання видно, що, окрім відстоювання, у полі гравітаційних сил проходить також фільтрування рідини через зважений шар осаду, який утворився при відстоюванні. Виконання пристрою для відводу рідини у вигляді труб із отворами є ненадійним рішенням тому, що може відбуватися забивання отворів твердою фазою, що призведе до порушення гідродинаміки потоку у відстійнику.

Повний аналіз існуючих машин, що розділяють суспензії на фракції завдяки відцентровим силам, провести важко з ряду причин. Однією із них є наявність великої кількості центрифуг різної конструкції для суспензій із різними фізико-механічними властивостями.

Всі центрифуги працюють завдяки відцентровій силі. Центрифугування суспензій проводиться двома методами [3, 4, 5]. У першому випадку центрифугування виконується в суцільних роторах, в іншому – в перфорованому.

Розділення в суцільних роторах можна порівнювати із відстоюванням у полі тяжіння, хоч і особливості відцентрового поля й обумовлюють різницю в проходженні даних процесів.

Гідроциклони відрізняються простотою конструкції і відносно високою продуктивністю. Іноді їх використовують у якості класифікаторів.

Машина для циклонування [3] використовується для розділення рідин із різною питомою вагою. Потік, що очищається, подають тангенціально в корпус апарата через трубопровід, де технологічне завантаження набуває спіралевидного руху. У нижню частину апарата подають інший потік рідини. При закручуванні двох потоків частки речовини, що містяться в розчині, під дією відцентрових сил прямують до внутрішньої поверхні воронки та зливаються з обвідною рідиною, а очищена маса концентрується біля стінок корпуса й відводиться. Недоліком даної машини є складність розділення неоднорідних систем із близькою питомою вагою.

До найпростіших машин, робота яких базується на силах інерції, є радіальний відстійник [3, 5]. Неоднорідну суміш подають на тонкоплівковий модуль. Далі під дією відцентрових сил більш очищена рідина попадає до жолоба і видаляється через вихідний патрубок, а менш очищена осідає на похилих пластинах, прямуючи до зони відстоювання [4]. Дана машина є малопродуктивною для суспензій, які містять осад у вигляді смоли та гудрону.

Відомий пристрій [3] розроблений Шебеченком В. Ф., Романовим Г. А. для очищення неоднорідної рідини, який містить робочий елемент, виконаний у вигляді Архімедової спіралі. Потік рідин, що поступає на розділення в корпус, спрямовується до обертового спірального елемента, де під дією інерційних сил розділяється на шари очищеної та менш очищеної рідини. Суттєвим недоліком є точність і складність виготовлення конструкції даної машини.

В Одеській національній академії харчових технологій був сконструйований фільтр для очищення рідин [3]. Неоднорідна рідина попадає всередину корпуса, після чого поступово переходить до обертового руху за допомогою фільтруючого елемента. У результаті відцентрової сили більш очищена суміш осідає на внутрішні стінки корпуса, а інша частина суміші, яка знаходиться на зовнішній поверхні корпуса, в результаті процесу відстоювання стікає шлюзом і видаляється із фільтра. Очищена рідина проходить через фільтруючий елемент, виводиться із установки. Дана машина металоємка та дорога в обслуговуванні, недостатньою мірою здійснюється промивка осаду.



Існують недоліки, які зв'язані з енергоємністю операцій розбирання, розвантаження й складання машини. Також недоліком машин такого типу є висока вартість обладнання (заміна фільтруючого елементу може сягати сотні тисяч умовних одиниць).

Для реалізації процесу відцентрового відтискування використовуються машини, які характеризуються комбінованою вібраційною та відцентровою дією сировину [4, 5, 6].

4. Виклад основного матеріалу

Для реалізації кінцевого очищення гліцерину пропонується використати розроблений змішувач для очищення рідкої неоднорідної сировини в якій забезпечується розділення сировини за фізико-механічними властивостями матеріалу завдяки обертанню ротора Савоніуса. [7].

Відповідно до вимог, одним із видів моторного палива, що використовується в сільськогосподарських тракторах, є дизельне сумішеве паливо (ДСП), яке вимагає мінімальних структурних налаштувань двигуна, а його фізична та теплотворна здатність дещо відрізняються від відповідних характеристик мінерального палива (МП). З технічних та економічних причин найбільш зручним методом є підготовка ДСП безпосередньо в системі живлення двигуна під час роботи трактора. З цією метою в паливній системі низького тиску дизельного двигуна (ПНВД) встановлений паливний змішувач з двома вхідними каналами та одним вихідним каналом. Вхідний канал підключений до паливного баку для мінеральної речовини та рослинного масла через паливний трубопровід, а вихідний канал – до паливного насоса (ПН) [7, 9].

Наявність в ПНВД трубопроводів значної довжини, що мають різний прохідний переріз, спричиняє появу потоків, спрямованих поперек основного потоку руху рідини і створення завихрення, що сприяють інтенсивному перемішуванню рідини. Тому основне призначення змішувача – дотримання заданої концентрації компонентів в процесі приготування ДСП і його первинне перемішування. Це дозволяє спростити конструкцію змішувача і забезпечити необхідну швидкість руху компонентів при приготуванні ДСП.

В основу роботи фільтра-змішувача поставлено задачу створення стабільної роботи силового агрегату з використанням альтернативних видів палива (біопалива) без втрати потужності, використовуючи перероблений фільтр тонкої очистки двигуна Д-240 (рис. 1).

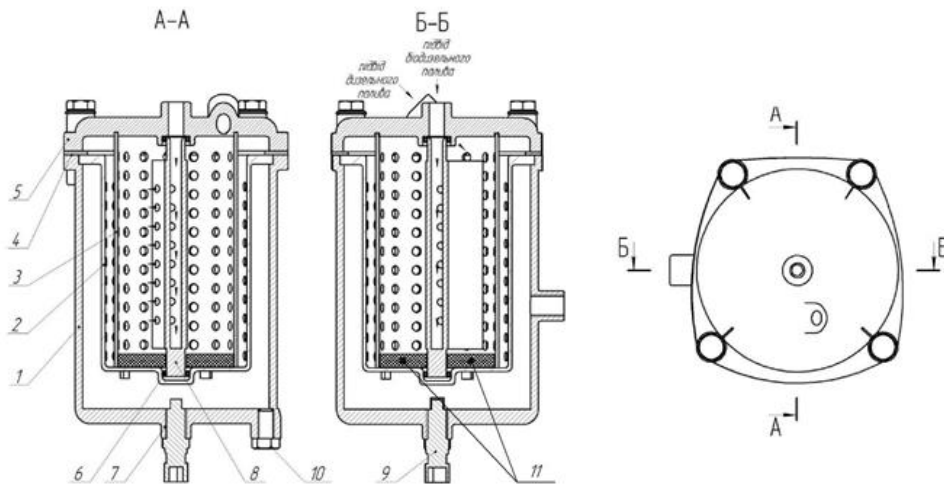


Рис. 1. Загальний вигляд фільтра-змішувача

Пристрій складається з корпусу 1, стакана 2, вставки 3, прокладки 4, кришки 5, підшипників 6, отвору для датчика 7, ротора Савоніуса 8, датчика температури суміші 9, зливної пробки 10, фільтра для видалення залишкового гліцерину 11. При проходженні біопалива від паливного баку до паливного насоса високого тиску воно проходить через фільтр-змішувач, в якому піддається термофорсуванню, змішуванню і очищенню. В основу процесу очищення і термофорсування покладено принцип роботи ротора Савоніуса. Подача дизельного палива відбувається під кутом на ротор, результатом прикладеної сили рідини на ротор є пришвидшення обертання, що створюється подачею біопалива через отвори в лопатях ротора перпендикулярних його осі. За рахунок роботи ротора виникають відцентрові сили, які в сумі з силами тяжіння дозволяють продавити паливо через фільтруючий елемент, що встановлений між вставкою 3 та стаканом 2. За рахунок того, що пристрій прикріплений безпосередньо до двигуна



відбувається також підігрівання суміші. Встановлений у корпусі змішувача датчик температури дозволяє моніторити зміну густини суміші за раніше знайденими залежностями, а фільтр видалення гліцерину 11 дозволяє видалити залишковий гліцерин. При цьому забезпечується додаткове очищення і покращення фізико-хімічних властивостей біопалива [8].

Для підтвердження адекватності проведених розрахунків, виконуємо моделювання процесу змішування з використанням програми FlowVision. Використовуючи розроблену модель змішувача, моделюємо робочу порожнину пристрою, який заповнено рідиною з показами всіх вихідних, вхідних отворів та фізико-хімічних показників палива (рис. 2-7).

Програмний комплекс FlowVision – комплексне багатопільове рішення для моделювання тривимірних течій рідини та газу, створений командою розробників компанії TECIC у тісній співпраці з науково-дослідними організаціями та промисловими підприємствами в Україні та за кордоном.

FlowVision заснований на чисельному рішенні тривимірних стаціонарних і нестаціонарних рівнянь динаміки рідини та газу, які включають закони збереження маси, імпульсу (рівняння Нав'є-Стокса), рівняння стану. Для розрахунку складних рухів рідини і газу, що супроводжуються додатковими фізичними явищами, такими як, турбулентність, горіння, контактні межі розділу, пористість середовища, теплоперенесення і так далі, математичну модель включаються додаткові рівняння, що описують ці явища [10].

FlowVision використовує кінцево-об'ємний підхід для апроксимації рівнянь математичної моделі. Рівняння Нав'є-Стокса вирішуються методом розщеплення за фізичними процесами (проекційний метод MAC).

FlowVision побудований на базі єдиного інтегрованого середовища, в якому препроцесор, вирішувач та постпроцесор об'єднані та працюють одночасно.

У функціональне призначення препроцесора входить імпортування геометрії розрахункової області із систем геометричного моделювання, завдання моделі середовища, розстановка початкових та граничних умов, генерація або імпортування розрахункової сітки та завдання критеріїв збіжності.

Після цього управління передається блоку керування, який розпочинає процес рахунку. При досягненні необхідного значення критерію збіжності процес рахунку може бути зупинений.

Результати розрахунку безпосередньо під час рахунку доступні для постпроцесора, в якому проводиться обробка даних – візуалізація результатів та збереження їх у зовнішні формати даних.

Така побудова дозволяє проводити моделювання та одночасно, візуалізуючи значення будь-якої газодинамічної змінної, аналізувати результати розрахунку, змінювати граничні умови та параметри математичної моделі.

Архітектура програмного комплексу FlowVision є модульною, що дозволяє легко додавати нові функціональні можливості та вносити покращення.

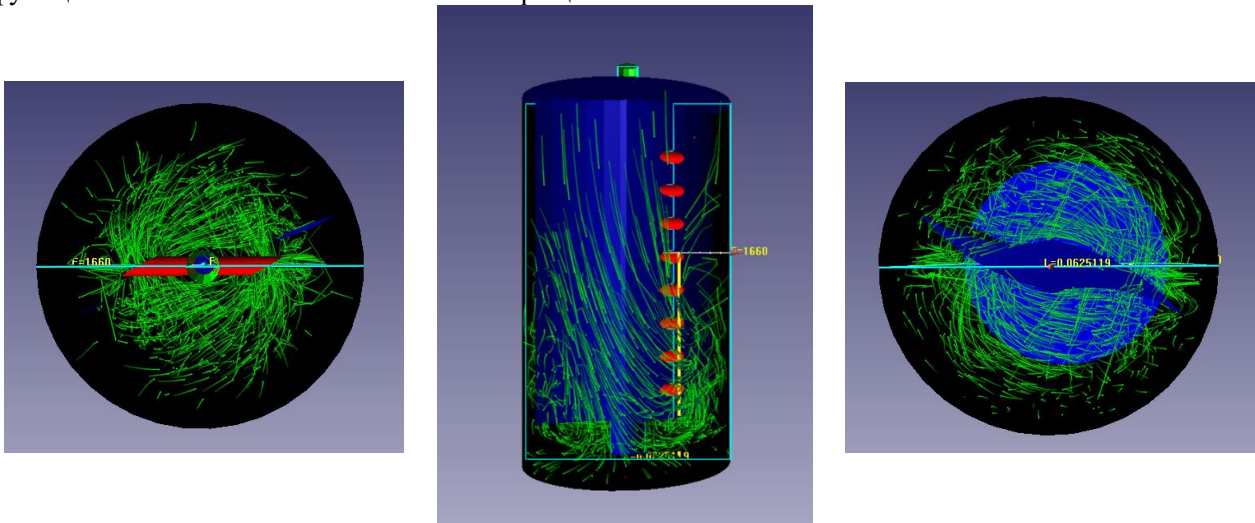


Рис. 2. Моделювання руху потоків рідини у змішувачі програмою FlowVision

Як бачимо, відбувається інтенсивне, турбулентне змішування потоків рідини, що вказує на адекватність проведених розрахунків. Також програмою отримані залежності швидкості та тиску робочої рідини у змішувачі від часу.

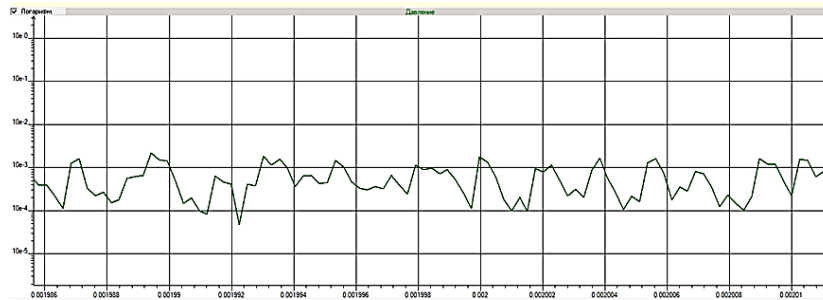


Рис. 3. Залежність перепадів тиску рідини від часу

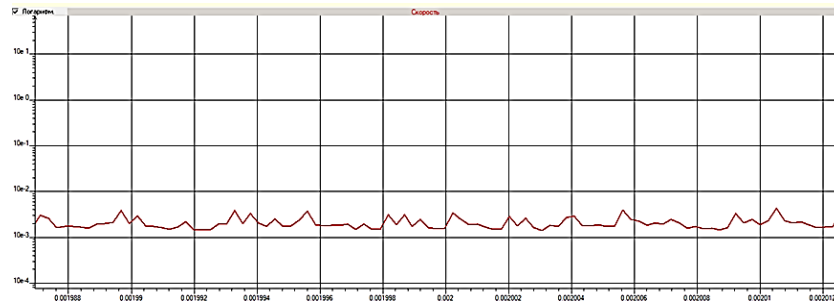


Рис. 4. Залежність швидкості потоку частинок рідини від часу

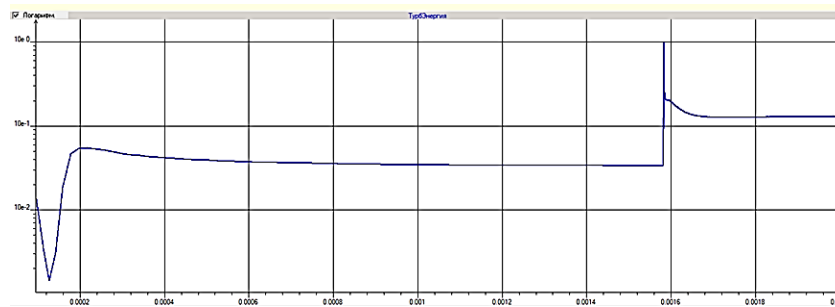


Рис. 5. Залежність турбулентної енергії потоку частинок рідини від часу

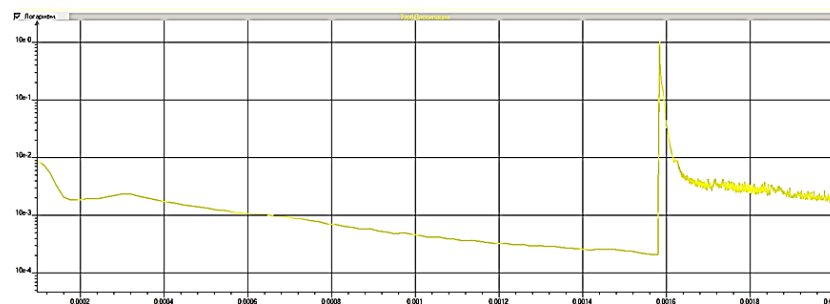


Рис. 6. Залежність турбулентної дисипації потоку частинок рідини від часу

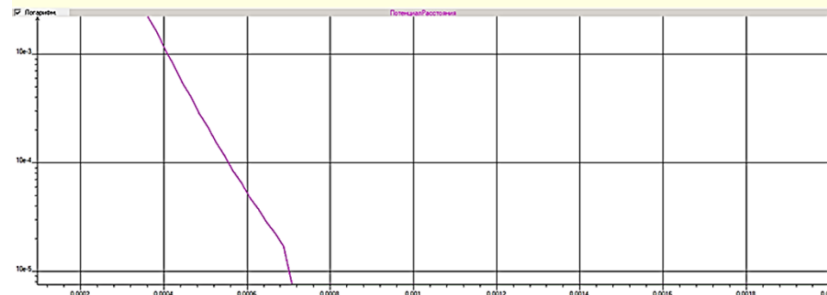


Рис. 7. Залежність потенціалу відстані потоку частинок рідини від часу

Аналізуючи отримані графіки, можна стверджувати, що область розвинутої турбулентності ($Re_M > 104$) досягається при діаметрі лопаті 0,015 м, проте для підвищення ефективності, плавності



роботи та забезпечення інтенсивного змішування найбільш конструктивно доцільним є діаметр 0,055 м. Геометричні розміри обрані з урахуванням виду палива, конструктивних особливостей фільтра та інших розрахункових даних. При збільшенні розмірів лопаті (більше 0,075 м) зменшується її міцність, підвищується складність виготовлення, а саме головне знижується швидкість обертання, в результаті падає продуктивність змішувача в цілому.

5. Висновки

1. Відцентрова, фільтраційна та вібраційна дія на рідке середовище в розробленому змішувачі дозволяє зменшити вміст гліцерину у сумішевому паливі. Запропонований змішувач дозволяє ефективно очищати залишки, зокрема вільний гліцерин у біопаливі.

2. Можна стверджувати, що проведена симуляція роботи змішувача дозволяє отримати турбулентний тип потоку, що в свою чергу, створює однорідну суміш палив та якісне фільтрування від небажаних домішок.

3. Можна відзначити, що не вирішеним залишається питання експлуатаційних характеристик фільтруючого елементу при роботі двигуна на біопаливі (мається на увазі час використання фільтруючого елементу або його очищення/заміни).

Список використаних джерел

1. Калетнік Г. М., Пришляк В. М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України. К. : Хай-Тек Прес, 2010. 312 с. ISBN 978-966-2143-49-4.
2. Калетнік Г. М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України. К. : Хай-Тек Прес, 2010. 516 с. ISBN 978-966-2143-44-7.
3. Паламарчук І. П., Полевода Ю. А., Янович В. П. Обґрунтування конструктивної схеми вібраційної машини для очищення гліцерину. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2008. № 3 (52). С.105–112.
4. Паламарчук І. П., Полевода Ю. А. Обґрунтування конструктивного оснащення для очищення гліцерину технології виробництва біопалива. *Збірник наукових праць SWorld*. 2012. Випуск 4. Том 10. С. 90–95.
5. Паламарчук І. П., Полевода Ю. А., Янович В. П. Аналіз математичної моделі вібровідцентрової машини для очищення рідкої сировини. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2009. № 4 (56). С. 129–136.
6. Паламарчук І. П., Полевода Ю. А. Дослідження основних факторів, що визначають процес вібровідцентрового розділення сирого гліцерину. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2012. Випуск 12. Том 4. С. 26–33.
7. Бурлака С. А. Розробка змішувача біодизельного палива та моделювання процесу змішування. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2020. № 1 (11). С. 11–17.
8. Гунько І. В., Бурлака С. А., Єленич А. П. Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2018. Том 2. № 6 (267). С. 246–249.
9. Бурлака С. А., Яропуд В. М., Здирко Н. Г. Рекомендації щодо оцінки та діагностування дизельного двигуна при використанні біопалива. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2021. №4 (299). С. 169–173.
10. Burlaka S., Kravets S. Diagnosis of fuel equipment of diesel engine by removing vybro indicators of fuel supply. *Engineering, Energy, Transport AIC*. 2021. № 3 (114). P. 113–123.

References

- [1] Kaletnik, H. M., Pryshliak, V. M. (2010). *Biopalyvo: efektyvnist yoho vyrobnytstva ta spozhyvannia v APK Ukrainy*. [Biofuels: efficiency of its production and consumption in the agro-industrial complex of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
- [2] Kaletnik, H. M. (2010). *Biopalyvo. Prodovolcha, enerhetychna ta ekolohichna bezpeka Ukrainy*. [Biofuels. Food, energy and environmental security of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
- [3] Palamarchuk, I. P., Polievoda, Y. A., Yanovych, V. P. (2008). *Obgruntuvannia konstruktyvnoi skhemy vibratsiinoi mashyny dlia ochyshchennia hlitserynu*. [Substantiation of the constructive scheme of the vibrating machine for glycerin purification]. Vinnytsia [in Ukrainian].



- [4] Palamarchuk, I. P., Polievoda, Y. A. (2012). *Obgruntuvannia konstruktyvnoho osnashchennia dlia ochyshchennia hlitserynu tekhnolohii vyrobnytstva biopalyva*. [Substantiation of structural equipment for glycerin purification of biofuel production technology]. [in Ukrainian].
- [5] Palamarchuk, I. P., Polievoda, Y. A., Yanovych, V. P. (2009). *Analiz matematychnoi modeli vibroidtstetrovoi mashyny dlia ochyshchennia ridkoi syrovyny*. [Analysis of a mathematical model of a vibrocentric machine for purification of liquid raw materials]. Vinnytsia [in Ukrainian].
- [6] Palamarchuk, I. P., Polievoda, Y. A. (2012). *Doslidzhennia osnovnykh faktoriv, shcho vyznachaiut protses vibroidtstetrovoho rozdilennia syroho hlitserynu*. [Investigation of the main factors determining the process of vibrocentric separation of crude glycerin]. Melitopol [in Ukrainian].
- [7] Burlaka, S. A. (2020). *Rozrobka zmishuvacha biodyzel'noho palyva ta modelyuvannyam protsesu zmishuvannya*. [Development of a biodiesel mixer and modeling of the mixing process]. Vinnytsia [in Ukrainian].
- [8] Hun'ko, I. V., Burlaka, S. A., Yelenych, A. P. (2018). *Otsinka ekolohichnosti naftovoho palyva ta biopalyva z vykorystannyam metodolohiyi povnoho zhyttyevoho tsyклу*. [Environmental assessment of petroleum fuels and biofuels using the full life cycle methodology]. Khmelnytsky [in Ukrainian].
- [9] Burlaka, S. A., Yaropud, V. M., Zdyrko, N. H. (2021). *Rekomendatsiyi shchodo otsinky ta diahnostuvannya dyzel'noho dvyhuna pry vykorystanni biopalyva*. [Recommendations for the assessment and diagnosis of a diesel engine using biofuels]. Khmelnytsky [in Ukrainian].
- [10] Burlaka, S., Kravets, S. (2021). *Diagnosis of fuel equipment of diesel engine by removing vybro indicators of fuel supply*. Vinnytsia [in English].

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ГЛИЦЕРИНОВМЕСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ОТ БИОТОПЛИВА

Транспорт потребляет около 20% мировой первичной энергии, в основном нефть. Такая ситуация неприемлема для стран, не имеющих собственных запасов нефти и желающих иметь стабильную экономику и энергетическую независимость. Общины во многих странах признают, что эти проблемы продолжают сопровождать использование автомобильного транспорта и уже давно уделяют серьезное внимание использованию альтернативных видов топлива для транспортных средств, включая биотопливо, природный газ и водород. Однако в условиях современного увеличения количества объектов пищевой промышленности необходимо иметь дело с пищевыми продуктами, негативно влияющими на окружающую среду, то есть пищевыми жирами. По некоторым данным, количество мусора в сутки может колебаться от нескольких килограммов до десятков тонн.

Приблизительно 90% дизельного биотоплива (ДБ) в основном получают из перерабатываемого жира и сырья, включая жиры и масла животного или растительного происхождения, подлежащие переработке. Биотопливо биологически безвредный продукт. При контакте с водой биотопливо не наносит вреда водной флоре и фауне. В воде или почве оно испытывает почти полное биологическое разложение. При сжигании дизельного биотоплива выделяется гораздо меньше углекислого газа (CO₂), чем при сжигании обычных видов топлива. Конечно, есть и недостатки. Во-первых, биотопливо обладает низкой морозостойкостью. Неразбавленное биотопливо повреждает резиновые шланги и прокладки. Биотопливо имеет определенный срок годности. Из-за увеличения затрат на техническое обслуживание отложения могут загрязнять топливную аппаратуру и фильтры во время работы. Особое внимание следует обратить на свободный глицерин, остающийся во время производства.

В статье рассмотрены технологии производства биотоплива и методы удаления глицерина. Основное внимание акцентировано на устройствах, позволяющих удалять глицерин мобильно. В результате чего предложен смеситель, в котором установлен фильтр для удаления остаточного глицерина и проведено исследование его работы при использовании программы FlowVision. Выполнена имитационная модель работы смесителя с получением показателей его работы.

Ключевые слова: биотопливо, фильтрация, глицерин, смеситель, ротор, FlowVision, силовой агрегат.

Рис. 7. Табл. 1. Лит. 10.

INNOVATIVE METHODS OF SEPARATION OF GLYCEROL-CONTAINING RAW MATERIALS FROM BIOFUELS

Transport consumes about 20% of the world's primary energy, mainly oil. This situation is unacceptable for countries that do not have their own oil reserves and want a stable economy and energy



independence. Communities in many countries recognize that these problems continue to accompany the use of road transport and have long paid serious attention to the use of alternative fuels for vehicles, including biofuels, natural gas and hydrogen. However, in the current increase in the number of food industry facilities, it is necessary to deal with food products that have a negative impact on the environment (food fats). According to some data, the amount of garbage per day can range from a few kilograms to tens of tons.

Approximately 90% of diesel biofuels (DBs) are mainly derived from processed oils and raw materials, including fats and oils of animal or vegetable origin that are recyclable. Biofuel is a biologically harmless product. In contact with water, the wine does not harm aquatic flora and fauna. In water or soil, it undergoes almost complete biological decomposition. Combustion of diesel biofuels emits much less carbon dioxide (CO₂) than combustion of conventional fuels. Of course, there are drawbacks. First, biofuels have low frost resistance. Undiluted biofuel damages rubber hoses and gaskets. Biofuels have a certain shelf life. Due to increased maintenance costs, deposits can contaminate fuel equipment and filters during operation. Particular attention should be paid to the free glycerin that remains during production.

The article considers biofuel production technologies and methods of glycerin removal. The focus is on devices that allow you to remove glycerin mobile. As a result, a faucet was proposed in which a filter was installed to remove residual glycerin and a study of its operation using the FlowVision program was performed. The simulation model of operation of the mixer with reception of indicators of its work is executed.

Key words: biofuel, filtration, glycerin, mixer, rotor, FlowVision, power unit.

Fig. 7. Tabl. 1. Ref. 10.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Полевода Юрій Алікович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: vinyura36@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2485-0611>).

Бурлака Сергій Андрійович – доктор філософії, старший викладач кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: ipserhiy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4079-4867>).

Полевода Юрій Алікович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, email: vinyura36@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2485-0611>).

Бурлака Сергей Андреевич – доктор философии, старший преподаватель кафедры технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3, e-mail: ipserhiy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4079-4867>).

Yurii Polievoda – Candidate of Technical Sciences (Ph. D in Eng.), Associate Professor of the department of technological processes and equipment for processing and food production, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, st. Sonyachna, 3, e-mail: vinyura36@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2485-0611>).

Serhiy Burlaka – Doctor of Philosophy, Senior Lecturer, department of technological processes and equipment of processing and food production, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, st. Sonyachna, 3, e-mail: ipserhiy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4079-4867>).