

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко-технологічний факультет

УДК 331.4:662.767.2

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного
факультету

_____ Братішко В.В.
«___» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри охорони праці та
біотехнічних систем у тваринництві

_____ В.С. Хмельовський
“___” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**на тему: “Обґрунтування технології виробництва біодизеля з заданими показниками
якості для перспективного впровадження”**

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи

професор

Поліщук В. М.

Виконав

Зражевський О.В.

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри охорони праці та
біотехнічних систем у тваринництві
_____ В.С. Хмельовський

“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Зражевському Олександровичу Володимировичу

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської роботи “Обґрунтування технології виробництва біодизеля з заданими показниками якості для перспективного впровадження”

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "07" грудня 2023 р. за № 2223 "С".

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 01.10.2024 року.

Вихідні дані до магістерської роботи:

– потреба в дизельному паливі для ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл.;

– фізико-механічні властивості біодизеля;

– фізико-механічні властивості рослинної олії.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

– провести аналіз технологій та технічних засобів виготовлення якісного дизельного біопалива;

– визначити конструкційно-технологічних параметрів реактора очищення біо-

дизеля в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл.;

– шляхом проведення експериментальних досліджень визначити оптимальний розмір краплин для аерозольного промивання біодизеля;

– здійснити аналіз виробничих небезпек на біодизельних виробництвах, вказати рекомендації щодо уникнення небезпечних ситуацій, розрахувати параметри системи вентиляції для видалення з виробничого приміщення парів метанолу.

– провести техніко-економічну оцінку проекту.

Дата видачі завдання 14.02.2023 р.

Керівник магістерської роботи _____ Поліщук В. М.

Завдання прийняв до виконання _____ Зражевський О.В.

ЗМІСТ

Завдання до виконання магістерської роботи.....	2
Зміст.....	4
Реферат.....	6
Вступ.....	7
Розділ 1. Аналіз технологій та технічних засобів виготовлення якісного дизельного біопалива.....	10
1.1. Біодизель.....	10
1.2. Технології та технічні засоби виготовлення дизельного біопалива.....	13
1.3. Технології і технічні засоби очищення біодизеля.....	19
Висновки до розділу 1.....	22
Розділ 2. Визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора очищення біодизеля в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл.....	23
2.1. Характеристика господарства.....	23
2.2. Методика встановлення конструкційних параметрів реактора для виготовлення і очищення дизельного біопалива.....	23
2.3. Результати визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора для виготовлення і очищення дизельного біопалива.....	25
2.4. Вибір мішалки.....	29
2.5. Методика встановлення конструкційно-технологічних параметрів пропелерної мішалки в реакторі для виготовлення і очищення дизельного біопалива.....	30
2.6. Визначення конструкційно-технологічних параметрів пропелерної мішалки в реакторі для виготовлення і очищення дизельного біопалива.....	33
2.7. Вибір форсунок в реактор для очищення дизельного біопалива.....	39
Висновки до розділу 2.....	43
Розділ 3. Експериментальне дослідження очищення дизельного біопалива.....	45
3.1. Методика дослідження аерозольного промивання дизельного біопалива....	45
3.2. Результати експериментальних досліджень аерозольної промивки дизельного біопалива.....	49
Висновки до розділу 3.....	50

Розділ 4. Охорона праці.....	51
4.1. Аналіз виробничих небезпек на виробництві дизельного біопалива.....	51
4.2. Визначення параметрів системи приточно-витяжної вентиляції на підприємстві з виготовлення дизельного біопалива.....	51
Висновки до розділу 4.....	53
Розділ 5. Техніко-економічна оцінка проекту.....	55
Висновки до розділу 5.....	63
Висновки.....	64
Список використаних джерел.....	66
Додатки.....	71
Додаток А. Креслення.....	72

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему "Обґрунтування технології виробництва біодизеля з заданими показниками якості для перспективного впровадження" складається з розрахунково-пояснювальної записки загальним об'ємом 78 сторінок машинописного тексту, в т.ч. 47 формул, 19 рисунків, 7 таблиць, 44 літературних джерел, 1 додатку, та презентації на 19 слайдах.

У вступі зазначена необхідність пошуку альтернативних джерел енергії для заміни нафтового дизельного палива.

У першому розділі розглянуте дизельне біопаливо як альтернатива для нафтовому дизельному паливу, описані технології та технічні засоби виготовлення дизельного біопалива заданої якості.

У другому розділі визначені конструкційно-технологічні параметри реактора для виготовлення і очищення біодизеля до норм вітчизняних стандартів в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл..

У третьому розділі описані результати експериментального дослідження мокрого очищення біодизеля. Приведена методика досліджень і здійснений аналіз результатів дослідження.

У четвертому розділі здійснений аналіз небезпек при виробництві біодизеля та наведені заходи для запобігання небезпечних ситуацій. Розрахована система приточно-витяжної вентиляції в приміщенні біодизельного заводу в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл..

У п'ятому розділі обґрунтована техніко-економічну ефективність проекту.

У висновках вказані основні результати роботи.

Ключові слова: ДИЗЕЛЬНЕ БІОПАЛИВО, БІОДИЗЕЛЬ, ОЧИЩЕННЯ, БІОДИЗЕЛЬНИЙ РЕАКТОР, ПЕРЕМІШУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

ВСТУП

На сьогоднішній день перед людством постала проблема нестачі енергоресурсів. Так, за прогнозами вчених, розвіданих світових запасів нафти вистачить на 50-100 років добування, природного газу – на 150-200 років. Причому чим менше запасів викопних палив залишатиметься, тим більшою буде на них ціна. Країни Європи значною мірою залежать від поставок мінеральних енергоносіїв із інших держав. Щоб забезпечити безперебійне постачання енергоносіїв, вони створюють можливість диверсифікації джерел постачання енергії. Однак ця міра не вберігає від неминучого подорожчання мінеральних ресурсів. Ще одним фактором, що впливає на відмову від використання деяких мінеральних ресурсів, є погіршення загальної екологічної ситуації в глобальному плані, що вимагає суттєвого збільшення затрат на охорону навколишнього середовища від забруднення. По зміні клімату в світі вже зараз видно, що настає глобальне потепління, яке викликається викидом в атмосферу парникових газів, які при спалюванні мінеральних палив в великих кількостях викидаються в атмосферу. В результаті дії парникового ефекту тануть льодовики, рівень світового океану підвищується, що призводить до глобальних катастроф.

В зв'язку із вищесказаним зараз ведеться пошук альтернативних видів енергії, які б могли не тільки замінити традиційні мінеральні види палива, але й бути більш екологічно безпечними. Вже зараз в розвинутих країнах починається широке використання поновлюваних джерел енергії, зокрема, вітру, сонячної і геотермальної енергії, енергії хвиль, припливів тощо. Широко практикується енергозбереження. Одним із способів заміни мінеральних палив є використання біопалив, тобто палив, що отримуються із біологічних ресурсів. До них відноситься деревне паливо з так званих енергетичних лісів, енергетичні рослини, які використовуються шляхом прямого спалювання рослинної маси (міскант великий, румекс, топінамбур тощо), а також сільськогосподарські відходи, які використовуються для прямого отримання енергії, а також їх конверсії в біогаз. Олійні рослини використовуються для виробництва олії з наступною її переробкою в біодизель, цукро-, крохмале- та целюлозовмісні – для виробництва біо-

етанолу.

Україна володіє величезним багатством – землею. Однак для отримання урожаю з цієї землі їй необхідно обробляти. На сьогодні для сільськогосподарських робіт Україні щороку необхідно мати близько 1,9 млн. тонн дизельного палива і 620 тис. тонн бензину, котрі виробляються з 4,5 млн. тонн нафти, переважно імпортової. Ціни ж на нафту постійно зростають.

Україна здатна забезпечити себе нафтою власного видобування лише на 20%. Тому необхідно по можливості максимально застосовувати палива, які б могли замінити мінеральне дизельне паливо. На сьогоднішній день це можуть бути лише біопалива, до яких і належить біодизель.

Отже, тема роботи актуальна.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності господарювання в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл. шляхом обґрунтування та перспективного впровадження технології виробництва біодизеля з заданими показниками якості.

Об'єктом досліджень є технології виробництва біодизеля з заданими показниками якості.

Предметом досліджень є обґрунтування технології виробництва біодизеля з заданими показниками якості для перспективного впровадження.

Завдання для виконання магістерської роботи:

- провести аналіз технологій та технічних засобів виготовлення якісного дизельного біопалива;
- визначити конструкційно-технологічних параметрів реактора очищення біодизеля в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл.;
- шляхом проведення експериментальних досліджень визначити оптимальний розмір краплин для аерозольного промивання біодизеля;
- здійснити аналіз виробничих небезпек на біодизельних виробництвах, вказати рекомендації щодо уникнення небезпечних ситуацій, розрахувати параметри системи вентиляції для видалення з виробничого приміщення парів метанолу;

– провести техніко-економічну оцінку проекту.

Очікуванні результати магістерської роботи:

– проведений аналіз технологій та технічних засобів виготовлення якісного дизельного біопалива;

– визначені конструкційно-технологічні параметри реактора очищення біодизеля в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл.;

– шляхом проведення експериментальних досліджень визначений оптимальний розмір краплин для аерозольного промивання біодизеля;

– здійсний аналіз виробничих небезпек на біодизельних виробництвах, зроблені рекомендації щодо уникнення небезпечних ситуацій, розраховані параметри системи вентиляції для видалення з виробничого приміщення парів метанолу;

– проведена техніко-економічна оцінка проекту

В основі магістерської роботи лежать такі методи наукових досліджень:

– аналіз і синтез структури процесів виробництва біодизеля;

– математичне моделювання об'єкта досліджень;

– аналіз системи “олія – метанол – біодизель – гліцерин”.

На захист виноситься:

– конструкційно-технологічні параметри реактора для виготовлення та очищення біодизеля до норм вітчизняних стандартів в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл.;

– результати експериментального дослідження очищення біодизеля.

– параметри приточно-витяжної вентиляції на заводі з виробництва біодизеля.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЯКІСНОГО ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

1. Біодизель

Найдадаптованішим до використання в дизельних двигунах альтернативним паливом отриманим із відновлюваних ресурсів вважається *біодизель* (*метиловий ефір*). В порівнянні з дизельним паливом із нафти він володіє хорошими змащувальними властивостями (відомо, що дизельне паливо із нафти після видалення сірчаних з'єднань значно погіршує змащувальні властивості, а біодизель, маючи малий вміст сірки, володіє високими змащувальними характеристиками, збільшуючи при цьому термін експлуатації його між ремонтами до 50%). Незначна кількість сірки в обсязі біодизеля призводить до незначного вмісту її окислів у вихлопах (0,001% при 0,05% в дизелі, отриманому з нафти). Обсяг викидів шкідливих речовин і твердих включень від роботи біодизельного двигуна менший на 20-25%, обсяг чадного газу зменшується на 10-12% в порівнянні з використанням дизельного палива. В ньому відсутній канцерогенний бензол, а вихлопам газів машин, працюючих на ньому, властивий запах смаженого насіння. Вміст вуглекислого газу в вихлопах після згорання біодизеля дорівнює спожитому тими рослинами з атмосфери, з яких виробляється олія. Біодизель характеризується високим цетановим числом – 51, а це пришвидшує запуск двигуна. Крім того біодизель характеризується високою температурою спалаху (більше 110°C), що безпечніше в використанні в порівнянні з вичопним дизельним паливом [18].

Слід зазначити, що підвищення величини тиску впорскування на 25% та зростання робочої температури в системі живлення призводить до негативного впливу на роботу керуючих електронних систем та насосів, що в свою чергу може спричинити прискорення утворення на форсунках нагару. За низьких температур зростає показник в'язкості біодизеля, а утворення в ньому кристаликів воску призводять до закупорювання бензопроводів і фільтрів двигуна, що спричиняє його недостат-

ню стійкість при роботі за низьких температур. Біодизель з включеннями залишків метанолу має агресивні характеристики до ущільнюючих матеріалів, виготовлених з гуми, фарб, лаків та алюмінію. Величина теплоти згорання біодизеля на 10% менша від показника теплоти згорання мінерального дизпалива (37,2 МДж/кг для біодизеля, 42,5 МДж/кг для нафтового дизпалива). З цієї причини показник потужності двигуна, працюючого на біодизелі, знижується приблизно на 7%, а величина витрати пального збільшується на 6-8% [18].

Біодизель – це суміш складних ефірів жирних кислот. Його отримують із сировини, яка містить в своєму складі жири (тваринні або рослинні). Додаючи до сировини, що містить олію або тваринний жир, спирт (метиловий, етиловий або ізопропіловий) та каталізатор, отримуємо комплекс хімічних реакції, в результаті яких тригліцериди жирних кислот перетворюються в гліцерин та складні ефірні сполуки, які мають назву біодизель. Обов'язкові умови для проходження реакції алкоголізу - це присутність каталізатора та забезпечення температури реагентів в межах 40-80°C (при традиційній технології). Каталізаторами можуть бути луги або кислоти. Після звільнення біодизеля від гліцерину необхідно очистити його від каталізатора та спиртових залишків, які для кращого проходження процесу алкоголізу додаються в надлишку. Лише після виконання цих операцій біодизель придатний для використання його в якості пального в дизельних двигунах [18].

Сировина для отримання біодизеля I покоління – це зазвичай рослинні олії: у США – соєва, в регіоні Південно-Східної Азії – олія пальми, в Індії – олія плодів ятрофи. В європейських країнах найбільш використовуваною сировиною для отримання метилового ефіру вважається ріпакова олія, яка переробляється на ефір без спеціальної підготовки. Для України традиційна олія соняшника, але непереробленою вона непридатна для отримання біодизеля з причини вмісту восків, які спроможні забивати фільтри паливної системи. Тому вона потребує перед переробкою її в біодизель очистки від восків виморожуванням (процес вінтеризації). Проводяться наукові дослідження на предмет використання інших культур, що містять олію для отримання біодизеля. Насіння суріпки, рижію, гірчиці, олійного льону, редьки та сафлори

вважаються найбільш перспективними. Визначено, що з 1 т ріпакового насіння отримують близько 300 кг ріпакової олії (30%), а з такої ж кількості цієї олії отримують біля 270 кг біодизеля. Частка гліцерину в результаті цього процесу дорівнює 5-10%. Після очистки з гліцерину отримують рідке мило, інші миючі засоби та фосфорні добрива, також його використовують як корм для худоби. Гліцерин можливо застосовувати в якості палива. Крім того, при виробництві біодизеля отримуємо цінний побічний продукт – макуху. Це залишок після отримання олії видавлюванням (холодний спосіб). Вона містить багато протеїнів і жирів (її залишок становить біля 30%). Її використовують в якості корму для худоби та у виробництві комбікорму (безерукового й низькоглюкозидного, так званих 000-сортів). Макуха також використовується в якості палива в котельних установках [18].

Сировина для отримання біодизеля II покоління - це відходи рослинних і тваринних жирів харчової промисловості. Це жири, які піддавались багаторазовій термічній обробці, в результаті чого вони характеризуються високим показником кислотності. Крім того вони мають в своєму обсязі значний вміст механічних домішок, що потрапляють туди з продуктів під час приготування їжі [18].

Теперішнього часу найбільшої перспективи як джерела сировини для отримання біодизельного пального III покоління набули водорості. Вони задіюють для свого росту сонячну енергію та вуглекислий газ. Вони спроможні рости практично скрізь і в будь-яких умовах. Вони здатні існувати і розвиватись за екстремальних температур. Ще однією цінною властивістю водоростей є те, що вони здатні розмножуватися з надзвичайною швидкістю, подвоюючись протягом однієї доби. Певні види водоростей (*Nannochloris* і *Nannochloropsis*) майже ідеально задовольняють вимоги до сировини для біодизельного виробництва за високим вмістом ліпідних сполук (більше 50%), та значними темпами росту. Визначено, що вміст ліпідних сполук у *Scenedesmus dimorphus*, в залежності від умов перебування, може знаходитись в межах 15-40%, а у виду *Chlorella vulgaris* – 14-22% в масі сухої речовини. Очевидно, що якість отриманого біодизеля забезпечується жирнокислотним складом вихідної сировини. Насичені жирні кислоти у хімічному складі водоростей представлені па-

льмітиною кислотою, ненасичені – пальмітоолеїною (16:1) і ліноленою (18:3). Загальний показник ненасиченості жирних кислот ліпідних сполук мікроскопічних водоростей значно перевищує ненасиченість пальмової олії. Склад жирних кислот ліпідних сполук мікроскопічних водоростей спроможний суттєво мінятися в залежності від різних умов їх продукування. Зниження температурних параметрів вирощування водоростей, підвищення ступеню освітленості спричиняє до зростання кількості ненасичених жирних кислот у їх хімічному складі. Мікрководорості спроможні дати в п'ятнадцять разів більшу кількість олії на одиницю площі їх вирощування, ніж певні рослини (наприклад соя або кукурудза). Департамент енергетики США компанія Green Star Products оприлюднює розрахунки, за якими один акр (біля 0,4 га) землі може дати 630 л олії канולי, 255 л олії сої, 2400 л олії пальми та 45000 л олії мікрководоростей [18; 38].

В Україні біодизель виробляється у відповідності з національним стандартом ДСТУ 6081:2009 “Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот, олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні умови”. Цей документ узгоджений з Європейським стандартом EN 14214:2003 “Паливо для автомобілів. Метилові ефіри жирних кислот для дизельних двигунів. Вимоги і методи аналізу”. Крім того розроблений нормативний документ ДСТУ 7178:2010 “Паливо альтернативне. Естери етилові жирних кислот, олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги та методи контролювання”. Біодизельне сумішеве паливо в Україні повинне відповідати ДСТУ 4840:2007 Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови», Це документ регулює виробництво дизельного сумішевого палива В5 з 5-% вмістом біодизеля. Чекають розробки державні норматині документи на дизельні сумішеві палива з часткою біодизеля 10%, 20% і 30%, це дасть можливість реалізовувати його на паливному ринку аналогічно традиційному [18].

1.2. Технології та технічні засоби виготовлення дизельного біопалива

Біодизель виробляється із наступної сировини: рослинна олія, відпрацьована рослинна олія, жири мікрководоростей та тваринний некондиційний білий та жовтий жири. В процесі отримання олії із насіння олійних рослин під час його попереднього очищення видаляють механічні включення (рис. 1.1), способом механічного пресування або екстрагування отримується олія, яку потім рафінують (гідратація, нейтралізація, вінтеризація тощо). Відпрацьована ж рослинна олія попередньо обов'язково підлягає очищенню від механічних включень та проходить процес нейтралізації для видалення жирних кислот. При отриманні олій із мікрководоростей обсяг їх біомаси після накопичення в біореакторах попередньо висушується та підлягає механічному пресуванню або екстрації [18].

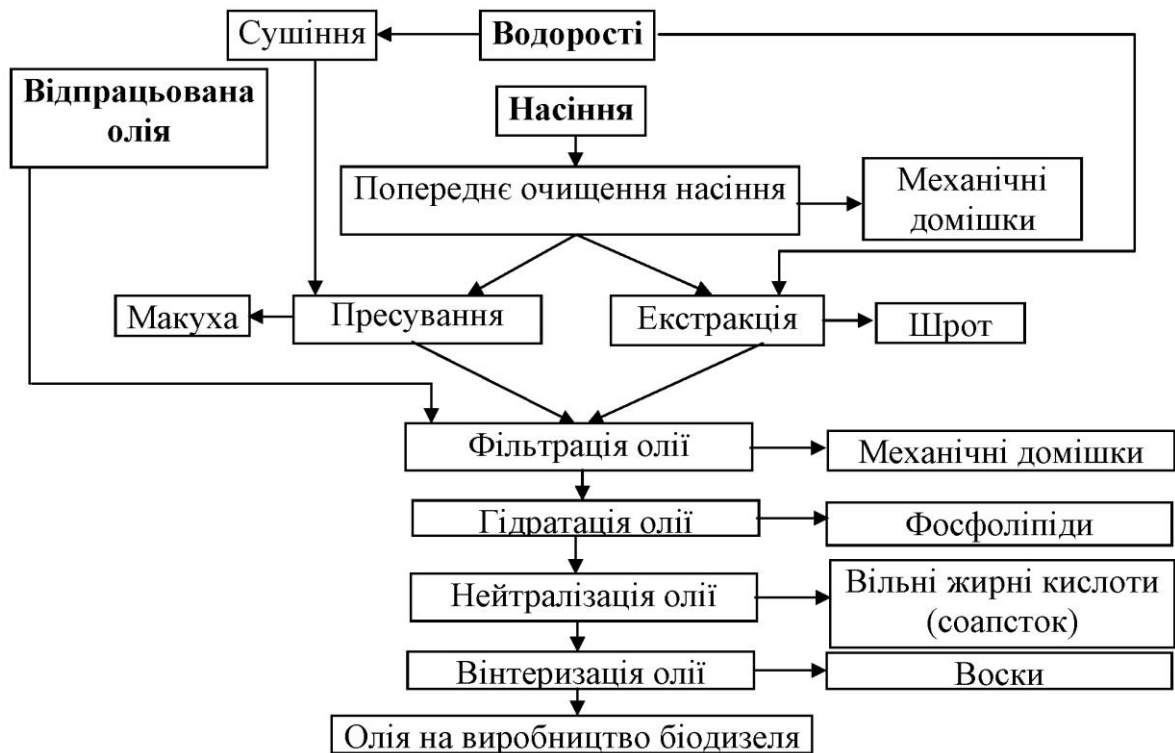


Рис. 1.1. Способи отримання рослинних жирів для виробництва біодизеля [19]

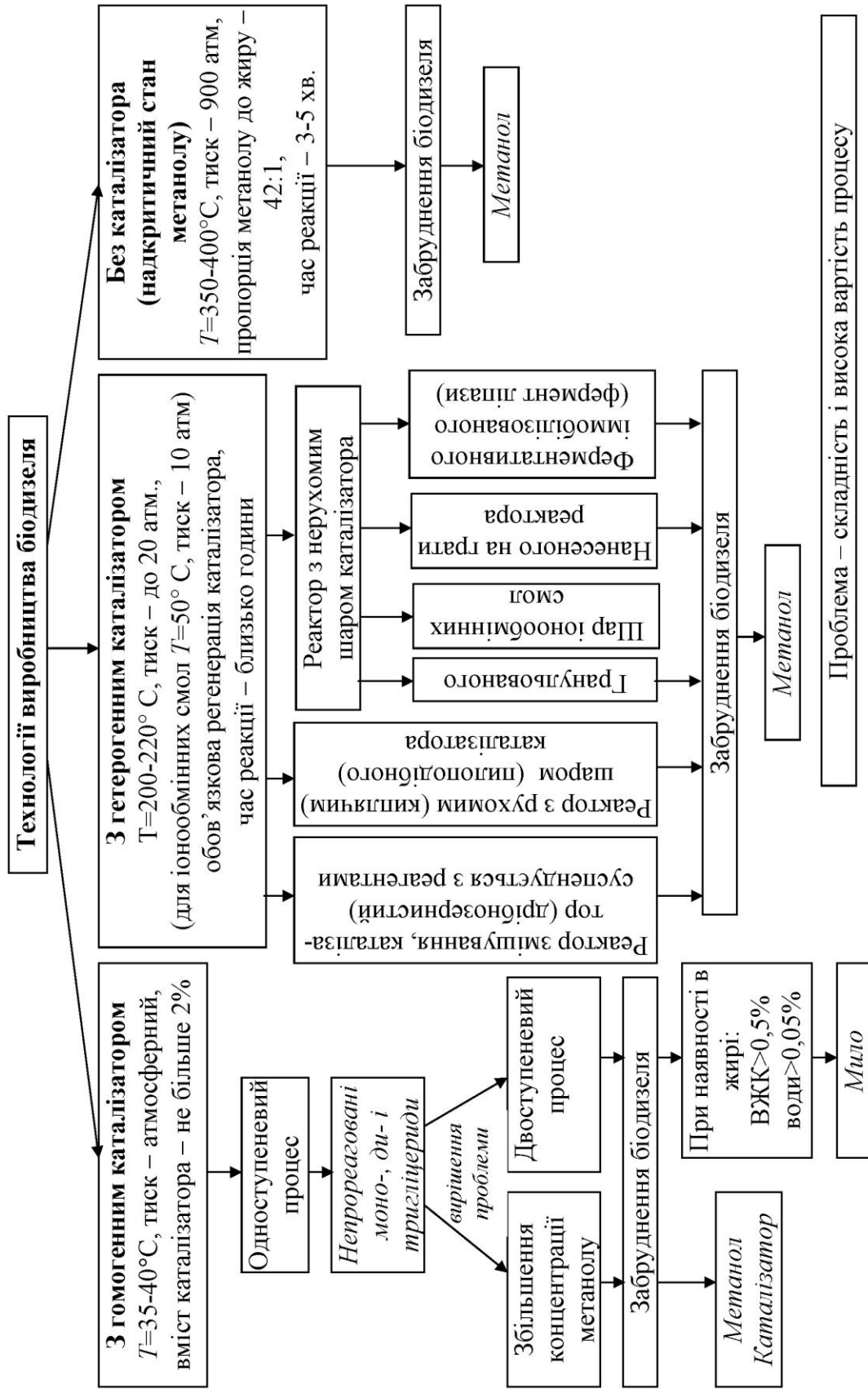


Рис. 1.2. Класифікація технологій виробництва біодизеля [19]

Біодизель - це результат реакції алкоголізу, в якій приймають участь тваринні, рослинні або інші жири та спирти (метиловий, етиловий тощо). Зазвичай для проходження реакції алкоголізу використовують метанол, в такому випадку це називається реакція метанолізу. Отриманий в результаті реакції продукт – це метиловий ефір жирних кислот (МЕЖК) Це і є біодизель, що спроможний замінити нафтове дизельне паливо. Реакція алкоголізу проходить дуже повільно, тому для її прискорення застосовують кислотні або лужні прискорювачі - каталізatori. Залежно від природи каталізатора існують наступні способи отримання метилового ефіру жирних кислот: метаноліз з використанням гомогенного каталізатора; метаноліз з використанням гетерогенного каталізатора; метаноліз без використання каталізатора (рис. 1.2) [18; 41].

При метанолізі з використанням гомогенного каталізатора він перебуває в одній фазі з реагуючими компонентами. Частка каталізатора не повинна перевищувати 2%. Реакція проходить в умовах атмосферного тиску, за температури 35-40°C з постійним інтенсивним змішуванням компонентів на протязі 10-15 хв. В випадку одноступеневого процесу в отриманій масі наявні непрореаговані моно-, ди- і тригліцеридні сполуки. Щоб запобігти цьому, необхідно збільшувати показник концентрації метанолу в суміші реагентів або використовувати двоступеневий процес. Біодизель, отриманий будь-яким способом, є забрудненим метанолом, каталізатором та ВЖК, що вимагає значних затрат для його очищення. При цьому метаноліз з використанням гомогенного каталізатора відносно простий і потребує нескладного обладнання. Через це його використовують в установках малої продуктивності [18].

Для технології з використанням гетерогенного каталізатора він виступає окремою від реагентів фазою, каталітична реакція відбувається на поверхні каталізатора, який перебуває в твердому стані. Такий спосіб потребує більш складнішого обладнання. Реакція протікає за температури 200-220°C і величині тиску бля 20 атм. (у випадку, коли каталізатор - іонообмінні смоли, процес проходить за температури 50°C і величині тиску 10 атм). Термін проходження реакції метанолізу – в межах години. Технологією передбачена обов'язкова регенерація каталізатора. В процесі отримання

біодизеля з використанням гетерогенного каталізатора задіюються змішуючі реактори, дрібнозернистий каталізатор в яких він перемішується з реагентами, реактори, в яких пилоподібний каталізатор у вигляді рухомого (киплячого) шару та реактори, каталізатори яких перебувають у вигляді нерухомого твердого шару (гранульована маса, маса, нанесена на грати ферментатора, ферментативні іммобілізовані, іонообмінні смоли). Вироблений біодизель потребує очищення від метанолу, при цьому він не містить каталізатора. Недоліком цієї технології вважається її складність та значна вартість процесу [18; 40].

Процес метанолізу без використання каталізатора базується на виробленні біодизеля обробкою жирів спиртами в умовах надкритичного стану: за температури 350-400°C і величині тиска біля 900 атм. Час реакції при цьому зменшується до 3-5 хв. Перевагою цього способу є більш високий вихід біодизеля, відсутність каталізатора, він дозволяє отримати (після процесу очистки від метанола) біодизель ідеальної чистоти. При цьому ця технологія найскладніша із всіх розглянутих [18; 42].

Основний апарат, що забезпечує перетворення рослинних або тваринних жирів у біодизель - це реактор. Ступінь комплеккування технологічної лінії іншим обладнанням для очищення біодизеля залежить від якості і повноти проходження реакції. Характеристики проходження процесу метанолізу з використанням гомогенного каталізатора залежать від ефективності процесу перемішування реагуючих складових, яке можна здійснювати як механічним способом, так і перемішуванням за допомогою використання ефекту кавітації. Теперішнього часу для отримання біодизеля з використанням гетерогенного каталізатора задіюються реактори як з перемішуванням за допомогою ефекту кавітації так і механічним способом. Використовуються кавітаційні реактори, оснащені гідродинамічними, струменевими, ультразвуковими акустичними пристроями для створення ефекту кавітації (рис. 1.3) [19].

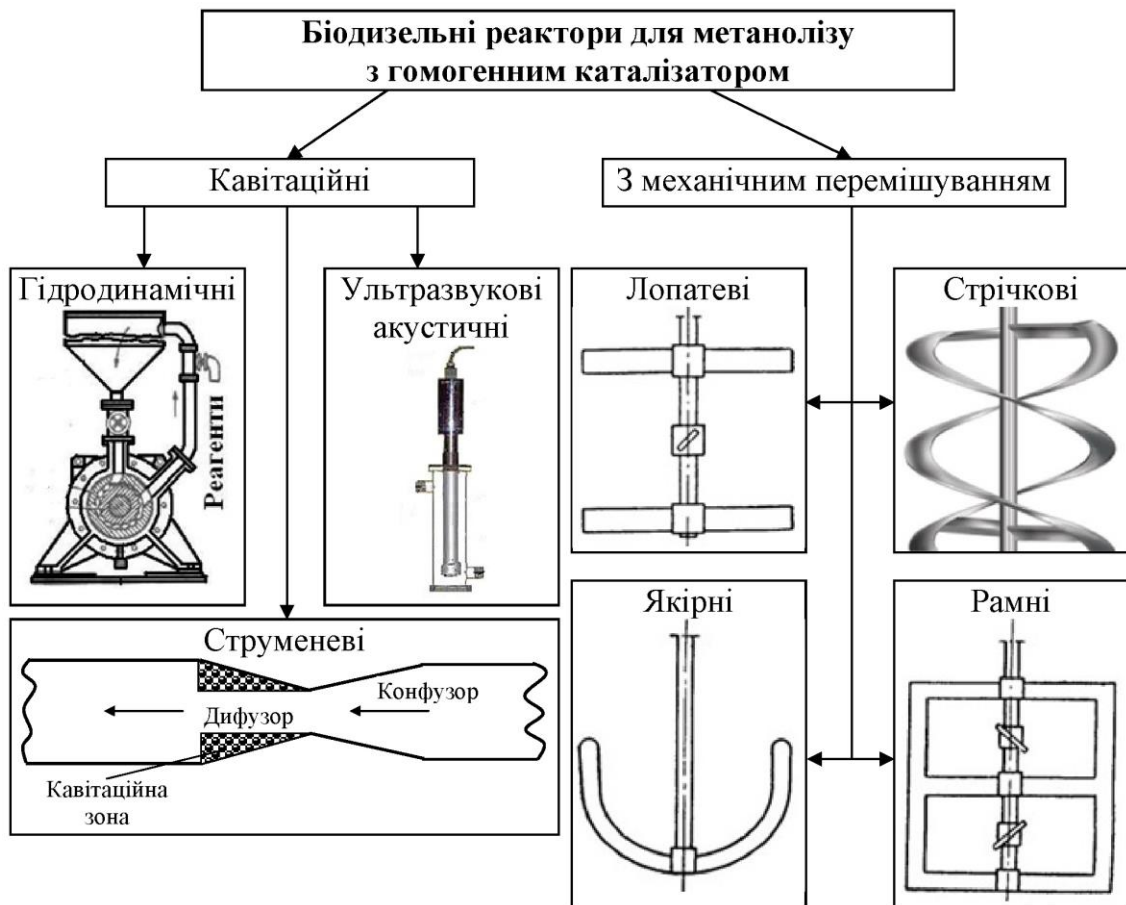


Рис. 1.3. Класифікація реакторів вироблення біодизеля з використанням гомогенного каталізатора для проходження реакції метанолізу [19]

Перевагою реакторів з кавітаційним перемішуванням вважається їх висока продуктивність, але при цьому страждає якість виробленого біодизеля, оскільки часу на проходження змішування реагуючих складових та саму реакцію метанолізу не вистачає для отримання якісного продукту. Інший тип реактора продукування біодизеля - це реактор із використанням механічного перемішування реагентів. Конструктивно він складається з циліндричної місткості, висота якої в 2-2,5 рази більша за діаметр. Найчастіше виготовляють її металевою, з нержавіючої сталі. На стінках ємності вмонтований теплообмінник-"змійовик" або циліндрична "водяна сорочка" для підтримання температурного балансу реагентів. Реактор оснащений трубопроводами з відповідною арматурою для переміщення реагуючих складових та продуктів реакції. Для перемішування реагуючих компонентів використовується ме-

ханічний перемішуючий пристрій (мішалка), форма мішалки може бути різноманітною (якірної форми, стрічкова, рамної або лопатевої конструкції тощо). Показник продуктивності реакторів, оснащених механічною мішалкою, поступається продуктивності реакторів з кавітаційним перемішуванням, при цьому з врахуванням більш якісного перемішування, вироблений біодизель за якісними характеристиками відповідає приписам сучасних стандартів [19].

1.3. Технології і технічні засоби очищення біодизеля

Отриманий в результаті реакції метаанолізу біодизель потребує очищення від включень: гліцерину, залишкового метанолу, включень каталізатора (при використанні гомогенного каталізатора), води (в випадку необхідності). Видалення з біодизеля гліцерину може відбуватись центрифугуванням, способом гравітаційного осадження (седиментацією) гліцерину, а також використанням мембранних методів розділення та за допомогою адсорбції (рис. 1.4). Крім того існує спосіб видалення метанолу з біодизеля шляхом дистиляції. У випадку очищення біодизеля від включень каталізатора вологим способом, біодизель потребує звільнення від води, тобто потребує просушування. Цей процес може здійснюватися екстракцією води за допомогою гліцерину, мембранним розділенням, методом адсорбції на поверхнях молекулярних сит. При проходженні процесу метаанолізу з використанням гомогенного каталізатора біодизель потребує очистки від каталізатора. Для видалення з біодизеля залишків каталізатора існують різні способи, пріоритетними серед яких є волога і суха очистка біодизеля (рис. 1.5). З'явилась нова інформація про розробку ферментну і мембранну технології очищення біодизеля [18; 34].

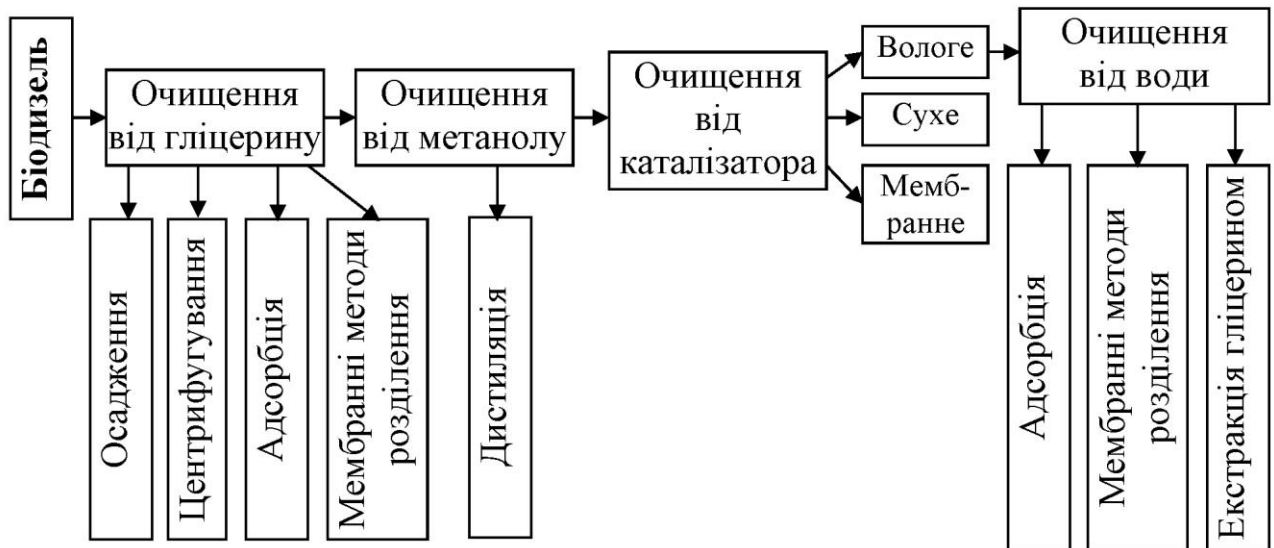


Рис. 1.4. Технології очищення біодизеля [19]

В технології сухого очищення біодизеля задіюється адсорбент, який відокремлює зайві домішки від біодизеля. В деяких технологіях пропонується використання іонообмінних смол, в інших – силікату магнію, який за своєю природою є мінералом, компанія Dallas Group of America Inc. під маркою Magnesol реалізує один із видів цього мінералу. В якості адсорбуючих речовин підходять і активоване вугілля, вибільні глини тощо. Основною перевагою сухого очищення вважається його висока ефективність, основний недолік – висока ціна адсорбуючих матеріалів та зниження якості очищення при високій концентрації мила в обсязі біодизеля - більше 500 г/т [19].

Очищення біодизеля за мембранною технологією ґрунтується на використанні процесу фільтрації крізь мембрану, яка виступає основним фільтруючим елементом, і є напівпроникною перегородкою, володіючою пористою структурою. Такий процес гарантує очищення найвищої якості, однак вартість відповідного обладнання досить висока, енергозатратність також значна, часто виникають проблеми з мембранами (крихкість керамічних мембран нестійкість до органічних розчинників мембран з ацетату целюлози) [19; 35-37].

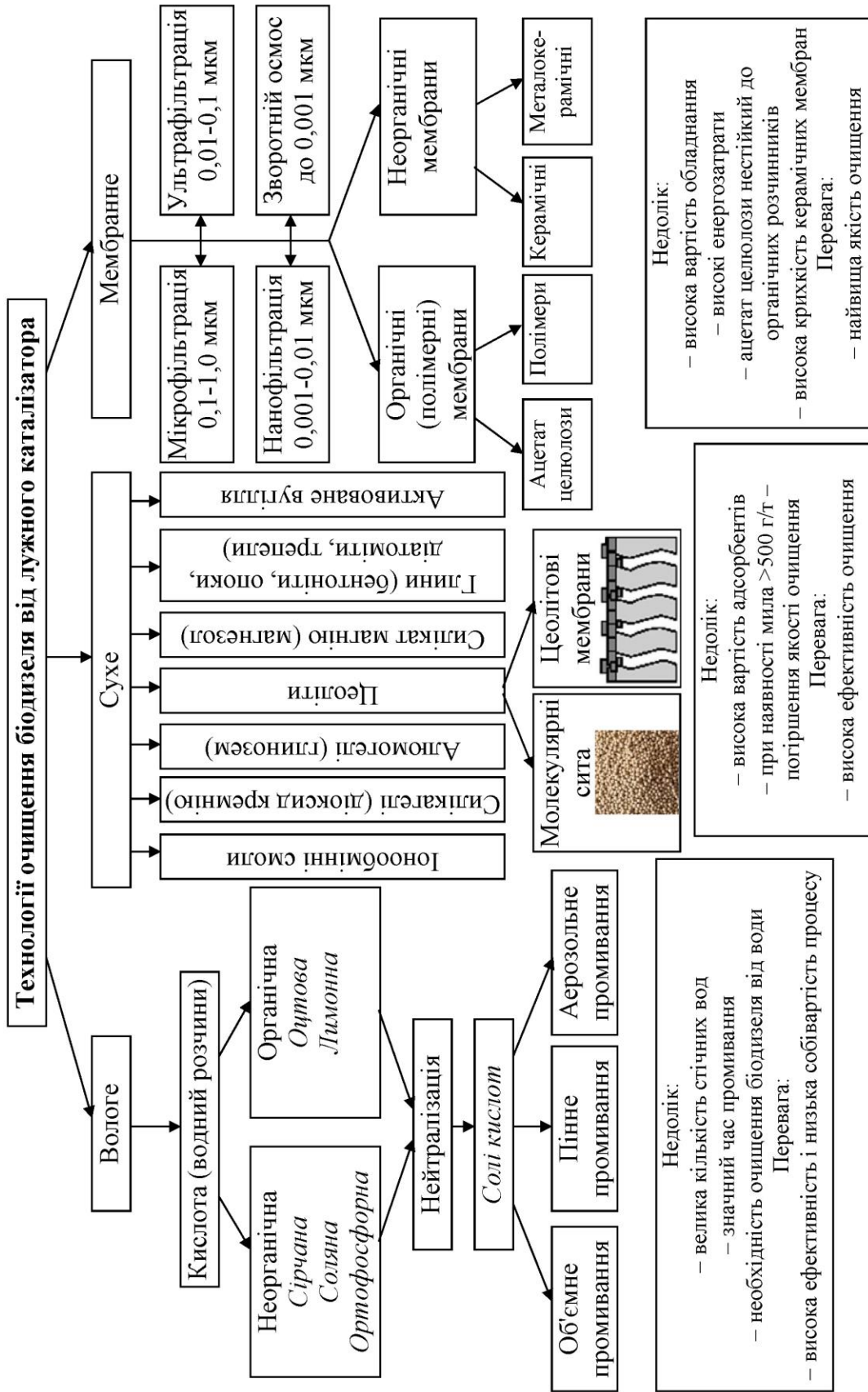


Рис. 1.5. Класифікація технологій очищення біодизеля від лужного каталізатора [19]

В випадку вологого очищення біодизеля він після нейтралізації підлягає промиванню водою. Вода виступає у ролі абсорбента. Розрізняють наступні способи промивання біодизеля: об'ємне, аерозольне та пінне. При об'ємному способі промивання біодизель змішується з водою в пропорції 1:5, все активно змішується. Пінний осіб промивання передбачає змішування 1/3 води та 2/3 біодизеля (біодизель займає верхній шар, а вода осідає внизу) і барботування повітря крізь водяний шар. Повітряні бульбашки виконують непряме перемішування біодизеля з водою – захоплюючи невелику порцію води та переносячи її в шар біодизеля, забираючи під час цього процесу мило та інші включення. Коли бульбашки лопаються на поверхні суміші, вода опускається вниз під дією сили тяжіння, відбираючи при цьому залишки мила і інших включень і несе їх вниз. В процесі аерозольного промивання вода розпилюється крізь форсунки, встановлені над шаром біодизельної суміші. Опускаючись крізь товщу біодизеля, водяні краплі захоплюють включення солей калію та натрію. Переваги вологого способу очищення біодизеля - це високий показник ефективності і невелика собівартість процесу, недоліки – велика кількість стічних вод, утворених в процесі промивання, тривалий термін промивання, необхідність наступного очищення біодизельної суміші від води [19; 33].

Висновки до розділу 1

1. Біодизель виробляється за технологіями з гомогенним каталізатором, з гетерогенним каталізатором і з технологією з надкритичним станом метанолу.
2. Існують технології вологого, сухого і мембранного очищення біодизеля.

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕАКТОРА ОЧИЩЕННЯ БІОДИЗЕЛЯ В ПСП "КІВШОВАТА" ТАРАЩАНСЬКОГО Р-НУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛ.

2.1. Характеристика господарства

Приватне сільськогосподарське підприємство (ПСП) "Ківшовата" розташоване в с. Ківшовата Таращанського р-ну Київської обл. Спеціалізацією ПСП "Ківшовата" є вирощування зернових культур, а саме кукурудзи, під яку відведено 1350 га [22]. Щорічно для с.-г. робіт господарству потрібно 130 т дизельного палива.

2.2. Методика встановлення конструкційних параметрів реактора для виготовлення і очищення дизельного біопалива

Об'єм резервуара реактора для отримання та очищення біодизеля знаходимо з виразу:

$$V_a = \frac{V_{\text{доб}} \cdot (1 + 0,01 \cdot \delta)}{m \cdot \varphi} \quad (2.1)$$

де V_a – повний об'єм резервуара реактора, м³; k – число циклів; $V_{\text{доб}}$ – об'єм біодизеля, отриманого протягом одного циклу; m – число резервуарів; δ – величина резервної потужності реактора; φ – показник заповнення реактора.

Довжину стінки конічна частина реактора визначається за формулою:

$$l_{\text{кч}} = \frac{D_0}{2 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (2.2)$$

Висота реактора визначається за формулою:

– в конічній частині:

$$h_0 = l_{\text{кч}} \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (2.3)$$

– в циліндричній частині:

$$H_{\text{уч}} = H - h_{\text{д}}. \quad (2.4)$$

Внутрішній об'єм конічної частини реактора визначається за формулою:

$$V_{\text{кч}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_{\text{д}} \cdot \left(\frac{D_0}{2} \right)^2. \quad (2.5)$$

Внутрішній об'єм циліндричної частини реактора визначається за формулою:

$$V_{\text{уч}} = \pi \cdot H_{\text{уч}} \cdot \left(\frac{D_0}{2} \right)^2. \quad (2.6)$$

Загальний об'єм реактора визначається за формулою:

$$V = V_{\text{кчч}} + V_{\text{уч}}. \quad (2.7)$$

Об'єм, який займає біодизель в реакторі, визначається за формулою:

$$V_0 = V \cdot \varphi. \quad (2.8)$$

Об'єм, який займає біодизель у циліндричній частині реактора, визначається за формулою:

$$V_{0_{\text{уч}}} = V_0 - V_{\text{кч}}. \quad (2.9)$$

Висота біодизеля в циліндричній частині реактора визначається за формулою:

$$H_{0_{\text{уч}}} = \frac{V_{0_{\text{уч}}}}{\pi \cdot \left(\frac{D_0}{2} \right)^2}. \quad (2.10)$$

Висота біодизеля у реакторі визначається за формулою:

$$H_0 = H_{0_{\text{уч}}} + h_{\text{д}} = 0,48 + 0,231 = 0,711 \text{ м}. \quad (2.11)$$

Товщина стінки реактора для виготовлення і очищення дизельного біопалива визначається за виразом:

$$m = \frac{P_{\text{вн}} \cdot D_0}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_{\text{вн}}} + c_k, \quad (2.12)$$

де m – товщина стінки резервуару реактора, м; $P_{\text{вн}}$ – величина внутрішнього тиску реактора, Па; φ – коефіцієнт, характеризуючий зварний шов; $[\sigma]$ – величина допустимого напруження, Па; c_k – надбавка на компенсацію корозії, м.

Внутрішній тиск $P_{\text{вн}}$ в біодизельному реакторі визначається за виразом:

$$P_{вн} = P_{над} + \rho_{б} \cdot g \cdot H_0, \quad (2.13)$$

де $P_{вн}$ – величина внутрішнього тиску реактора, Па; $P_{над}$ – величина надлишкового тиску реактора, Па. g – показник прискорення при вільному падінні, м/с²; $\rho_{б}$ – показник густини біодизеля, кг/м³; H_0 – висота стовпа біодизеля в ємності реактора, м.

Допустиме напруження у формулі (2.12) визначається за виразом:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \cdot \varphi, \quad (2.14)$$

де $[\sigma]$ – значення допустимого напруження, Па; η – величина поправочного коефіцієнта, враховуючого вибухо- та пожежобезпеку середовища в ємності реактора; φ – коефіцієнт, характеризуючий зварний шов, σ^* – величина допустимого нормативного напруження, Па.

Допустиме нормативне напруження σ^* розраховується за виразом [31]:

$$\sigma^* = \frac{\sigma_{0,2t}}{1,5}, \quad (2.15)$$

де $\sigma_{0,2t}$ – гранична текучість, Па.

Надбавка на компенсацію корозії c_{κ} в розрахунковій товщині реактора, розраховується за виразом:

$$c_{\kappa} = \frac{П \cdot T_a}{1000}, \quad (2.16)$$

де T_0 – термін використання реактора, років; $П$ – швидкість протікання корозії, мм/рік.

2.3. Результати визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора для виготовлення і очищення дизельного біопалива

При проведенні розрахунків показник резервної потужності біодизельного реактора δ приймається 10-15%, а показник заповнення резервуару біодизельного реактора $\varphi = 0,7$.

Добовий обсяг виробленого протягом одного циклу біодизеля $V_{доб}$, визначається з умови, що один цикл отримання біодизеля становитиме 6 годин. Отже на протязі доби відбудуться $24/6 = 4$ цикли продукування біодизеля. Щоб задовольнити господарські потреби в біодизелі, показник продуктивності підприємства повинен дорівнювати 1 т/добу. Отже протягом одного циклу виготовлятиметься $1000/4=250$ кг біодизельного палива. Оскільки показник густини біодизеля дорівнює 900 кг/м^3 , на протязі доби отримується $0,278 \text{ м}^3$ біодизеля, що дорівнює 278 л.

Об'єм резервуару реактора для продукування та очистки біодизеля з виразу (2.1) дорівнює:

$$V_a = \frac{280 \cdot (1 + 0,01 \cdot 0,15)}{1 \cdot 0,7} = 398 \text{ л.}$$

В якості реактора для продукування біодизеля обираємо апарат конструктивного виконання ВКП 6-го типу (рис. 2.1) із днищем конічної форми, з'ємною плоскою кришкою та величиною кута вершини конуса $\beta = 120^\circ$. У відповідності до [8], найближчим до розрахованого апарату є реактор стандартного обсягу 400 л, внутрішній діаметр корпусу якого $D_0 = 800$ мм та висота корпусу $H = 950$ мм.

Довжина стінки конічної частини біодизельного реактора за формулою (2.2) становить:

$$l_{кч} = \frac{0,8}{2 \cdot \sin\left(\frac{120^\circ}{2}\right)} = 0,462 \text{ м.}$$

Висота біодизельного реактора становить:

– конічної частини за формулою (2.3):

$$h_o = 0,462 \cdot \cos\left(\frac{120^\circ}{2}\right) = 0,231 \text{ м.}$$

– циліндричної частини за формулою (2.4):

$$H_{ци} = 0,95 - 0,231 = 0,719 \text{ м.}$$

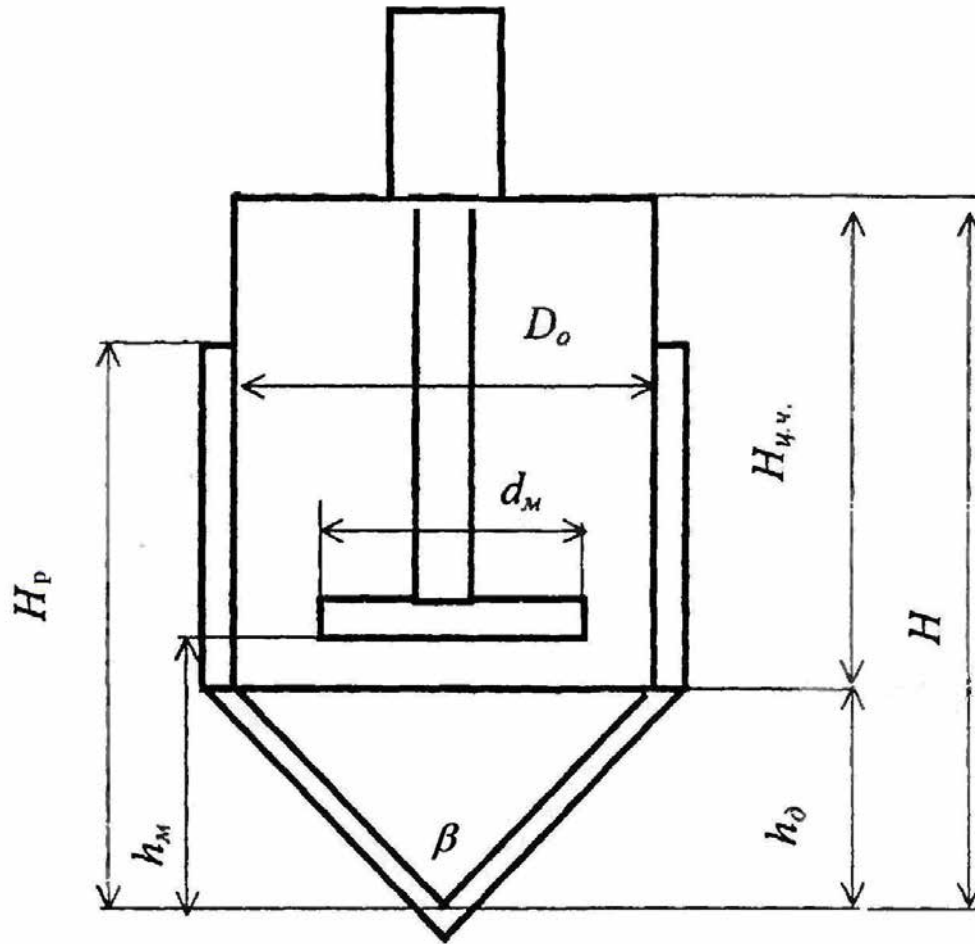


Рис. 2.1. Схематичне зображення реактора ВКП 6-го типу

Внутрішній об'єм конічної частини біодизельного реактора за формулою (2.5) становить:

$$V_{кч} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 0,231 \cdot \left(\frac{0,8}{2}\right)^2 = 0,039 \text{ м}^3 = 39 \text{ л.}$$

Внутрішній об'єм циліндричної частини біодизельного реактора за формулою (2.6) становить:

$$V_{цч} = \pi \cdot 0,719 \cdot \left(\frac{0,8}{2}\right)^2 = 0,361 \text{ м}^3 = 361 \text{ л.}$$

Загальний об'єм біодизельного реактора за формулою (2.7) становить:

$$V = V_{кчч} + V_{цч} = 0,039 + 0,361 = 0,4 \text{ м}^3 = 400 \text{ л.}$$

Об'єм, який займає дизельне біопаливо в біодизельному реакторі, за формулою (2.8) становить:

$$V_0 = 0,4 \cdot 0,7 = 0,28 \text{ м}^3 = 280 \text{ л}.$$

Об'єм, який займає дизельне біопаливо у циліндричній частині біодизельного реактора, за формулою (2.9) становить:

$$V_{0_цч} = V_0 - V_{кч} = 0,28 - 0,039 = 0,241 \text{ м}^3 = 241 \text{ л}.$$

Висота дизельного біопалива в циліндричній частині біодизельного реактора за формулою (2.10) становить:

$$H_{0цч} = \frac{V_{0цч}}{\pi \cdot \left(\frac{D_0}{2}\right)^2} = \frac{0,241}{\pi \cdot \left(\frac{0,8}{2}\right)^2} = 0,480 \text{ м}.$$

Висота дизельного біопалива в біодизельному реакторі за формулою (2.11) становить:

$$H_0 = H_{0цч} + h_0 = 0,48 + 0,231 = 0,711 \text{ м}.$$

Складові біодизеля входять до переліку хімічно активних речовин, тому реактор виготовлятимемо із гарячекатаної аустенітної сталі 04X18H10.

Оскільки продукування і очищення біодизеля проходить при робочому тиску, який дорівнює атмосферному, величина надлишкового тиску у реакторі рівна нулю. Отже значення внутрішнього тиску в ємності реактора $P_{вн}$ за формулою (2.13) становитиме:

$$P_{вн} = 900 \cdot 9,81 \cdot 0,711 = 6282 \text{ Па}.$$

Оскільки складові біодизельного реактора виготовляються у заводських умовах автоматичним зварюванням двостороннім неперервним швом, то значення коефіцієнта зварного шва $\varphi = 1$.

Для вибухо- і пожежонебезпечних середовищ приймаємо $\eta = 0,9$, в решті випадків – $\eta = 1$.

Біодизель належить до пожежонебезпечних речовин, тому поправочний коефіцієнт $\eta = 0,9$.

Для сталі 04X18H10 показник граничної текучості $\sigma_{0,2t} = 175 \text{ МПа}$ [9].

Допустима величина нормативного напруження σ^* для сталі 04X18H10 за виразом (2.15) становитиме:

$$\sigma^* = \frac{175000000}{1,5} = 116666667 \text{ Па.}$$

Допустиме напруження $[\sigma]$ за виразом (2.14) становитиме:

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 116666667 \cdot 1 = 105000000 \text{ Па.}$$

Швидкість протікання корозії для легованої аустенітної сталі 04X18H10 дорівнює 0,01 мм/рік [29].

Річний показник норми амортизації біодизельного реактора дорівнює 15%, отже термін його використання T_0 становитиме $100/15 \approx 7$ років.

Надбавка на корозію c_k стінки біодизельного реактора за виразом (2.16) і становитиме:

$$c_k = \frac{0,01 \cdot 15}{1000} = 0,00015 \text{ мм,}$$

Товщину стінки біодизельного реактора за формулою (2.12) становить:

$$m = \frac{6282 \cdot 0,8}{2 \cdot 1 \cdot 105 \cdot 10^6 - 6282} + 0,00015 = 0,09415 \text{ мм,}$$

Для виготовлення складових частин біодизельного реактора обираємо рулонну листову леговану гарячекатану сталь 04X18H10 товщина якої становить 1,2 мм [10].

2.4. Вибір мішалки

Для ефективної роботи біодизельної установки, вироблення і очищення отриманого продукту необхідно забезпечити найкращий контакт компонентів. Досягається це якісним перемішуванням реагентів.

Під час перемішування компонентів необхідно забезпечити циркуляцію рідини в ємності реактора, для цієї мети найкраще використовувати пропелерну мішалку.

Мішалка пропелерної конструкції з крилоподібною формою лопаті представляє собонаступну конструкцію: циліндрична втулка, відлита заодно із 3-ма лопатями крилоподібною форми (рис. 2.2) [28].

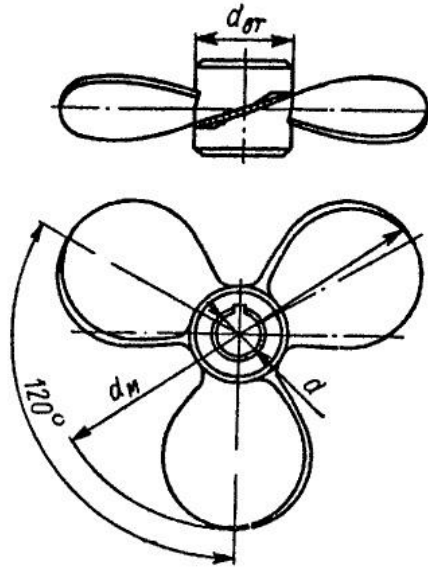


Рис. 2.2. Мішалка пропелерної конструкції [28]

2.5. Методика встановлення конструкційно-технологічних параметрів пропелерної мішалки в реакторі для виготовлення і очищення дизельного біопалива

Конструкційні параметри пропелерного перемішуючого пристрою (мішалки) визначаються за такими виразами:

– діаметр перемішуючого пристрою:

$$d_M = (0,2 \dots 0,5)D, \quad (2.17)$$

де d_M – діаметр перемішуючого пристрою, м; D – діаметр біодизельного реактора, м;

– висота розміщення перемішуючого пристрою над днищем біодизельного реактора:

$$h_M = (0,5 \dots 1,0)d_M, \quad (2.18)$$

де h_M – висота розміщення перемішуючого пристрою над днищем біодизельного реактора, м; d_M – діаметр перемішуючого пристрою, м;

– шаг гвинта перемішуючого пристрою:

$$s = (1,0 \dots 3,0)d_M, \quad (2.19)$$

де s – шаг гвинта перемішуючого пристрою, м; d_M – діаметр перемішуючого пристрою, м;

– ширина лопаті мішалки:

$$b = (0,2\dots0,35)d_M, \quad (2.20)$$

де b – ширина лопаті мішалки, м;

– висота дизельного біопалива над мішалкою у біодизельному реакторі:

$$(H_0 - h_M) = (2,0\dots4,0)d_M, \quad (2.21)$$

де H_0 – висота дизельного біопалива у біодизельному реакторі, м; d_M – діаметр перемішуючого пристрою, м.

Величина відцентрового критерію Рейнольда має прямий вплив на режим перемішування: при $Re_{вц} > 80$ у реакторі починається турбулентний рух.

Відцентровий критерій Рейнольда $Re_{вц}$ визначається за виразом:

$$Re_{вц} = \frac{n \cdot d_M^2 \cdot \rho_c}{\mu_c}, \quad (2.22)$$

де $Re_{вц}$ – значення відцентрового критерія Рейнольдса; μ_c – показник динамічної в'язкості компонентів, Па·с; d_M – діаметр перемішуючого пристрою, м; ρ_c – показник густини компонентів, кг/м³; n – частота обертів мішалки, с⁻¹.

Частота обертання валу мішалки n визначається за виразом [13]:

$$n = \frac{\omega}{\pi \cdot d_M}, \quad (2.23)$$

де ω – величина окружної швидкості мішалки, м/с.

Щільність суміші ρ_c визначається за виразом [20]:

$$\rho_c = \rho_\phi \cdot \phi + \rho_p \cdot (1 - \phi), \quad (2.24)$$

де ρ_p – щільність дизельного біопалива, кг/м³; ρ_ϕ – щільність кислоти лимонної, кг/м³; ϕ – об'ємна частка кислоти лимонної.

Динамічна в'язкість суміші μ_c визначається за виразом [20]:

$$\mu_c = \mu_\phi \cdot \phi + \mu_p \cdot (1 - \phi), \quad (2.25)$$

де μ_p – динамічна в'язкість дизельного біопалива, кг/м³; μ_ϕ – динамічна в'язкість кислоти лимонної, кг/м³.

Об'ємна частка кислоти лимонної φ розраховується за виразом:

$$\varphi = \frac{V_\phi}{V_0}, \quad (2.26)$$

де V_ϕ – об'єм кислоти лимонної, м³; V_0 – об'єм суміші кислоти лимонної з дизельним біопаливом в біодизельному реакторі, м³.

Величина потужності, необхідної для перемішування компонентів в режимі турбулентності, визначається з формули:

$$N_M = K_N \cdot \psi \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d_M^5, \quad (2.27)$$

де N_M – величина потужності мішалки на перемішування, Вт; K_N – значення критерія потужності; ψ – поправочний коефіцієнт, впливаючий на геометричні параметри мішалки та ємності реактора.

Значення поправочного коефіцієнта ψ для пропелерних мішалок залежить від висоти стовпа біодизеля в ємності реакторі, кута розміщення лопаток мішалки та решти місцевих опорів. Знаходимо за формулою [20]:

$$\psi = \psi_\alpha \cdot \psi_H \cdot \psi_M, \quad (2.28)$$

де ψ_α – значення поправочного коефіцієнта, описуючого вплив кута розміщення лопатей мішалки; ψ_H – значення поправочного коефіцієнта, описуючого вплив висоти стовпа реагентів в реакторі; ψ_M – значення поправочного коефіцієнта, описуючого вплив всіх місцевих опорів в ємності реактора.

Значення поправочного коефіцієнта ψ_α визначаємо за виразом [43]:

$$\psi_\alpha = (\sin \alpha)^{1,2}, \quad (2.29)$$

де α – кут розміщення лопатей мішалки.

Величину потужності електричного двигуна для приводу в дію мішалки реактора визначаємо з врахуванням значення ККД приводу [1]:

$$N = \frac{N_M}{\eta}, \quad (2.30)$$

де N – величина сумарної потужності приводу, Вт; η – значення ККД приводу.

2.6. Визначення конструкційно-технологічних параметрів пропелерної мішалки в реакторі для виготовлення і очищення дизельного біопалива

Розроблений реактор має такі параметри: висота $H = 0,95$ м, діаметр – $D = 0,8$ м, висота стовпа реагентів у реакторі - $H_0 = 0,711$ м. Обираємо відношення: $d_M/D = 0,35$, $b/d_M = 0,25$; $h_M/d_M = 0,75$.

Розраховуємо:

- діаметр пропелерного перемішуючого пристрою реактора за формулою (2.17) становить:

$$d_M = 0,35 \cdot D = 0,35 \cdot 0,8 = 0,28 \text{ м.}$$

- ширина лопаті пропелерного перемішуючого пристрою реактора за формулою (2.20) становить:

$$b = 0,25 \cdot d_M = 0,25 \cdot 0,8 = 0,07 \text{ м.}$$

- висота розміщення перемішуючого пристрою над днищем біодизельного реактора за формулою (2.18) становить:

$$h_M = 0,75 \cdot d_M = 0,75 \cdot 0,28 = 0,21 \text{ м.}$$

Із [13] приймаємо стандартний пропелерний перемішуючий пристрій (рис. 2.3) із параметрами, що наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри пропелерного перемішуючого пристрою [13]

d_M	d_c	d	b_0	h	b_2	b_1	b_4	b_3	$b_5 = b_6$
300	93	50	71	70	101,5	87,6	121	113	125,5

продовження табл. 2.1

b_8	b_7	b_{11}	b_9	$d + t_1$	s_{10}	s_0	$M_k, \text{Н}\cdot\text{м}$	Маса, кг
108	120,5	14	83	54,9	3,8	8	96,5	5,0

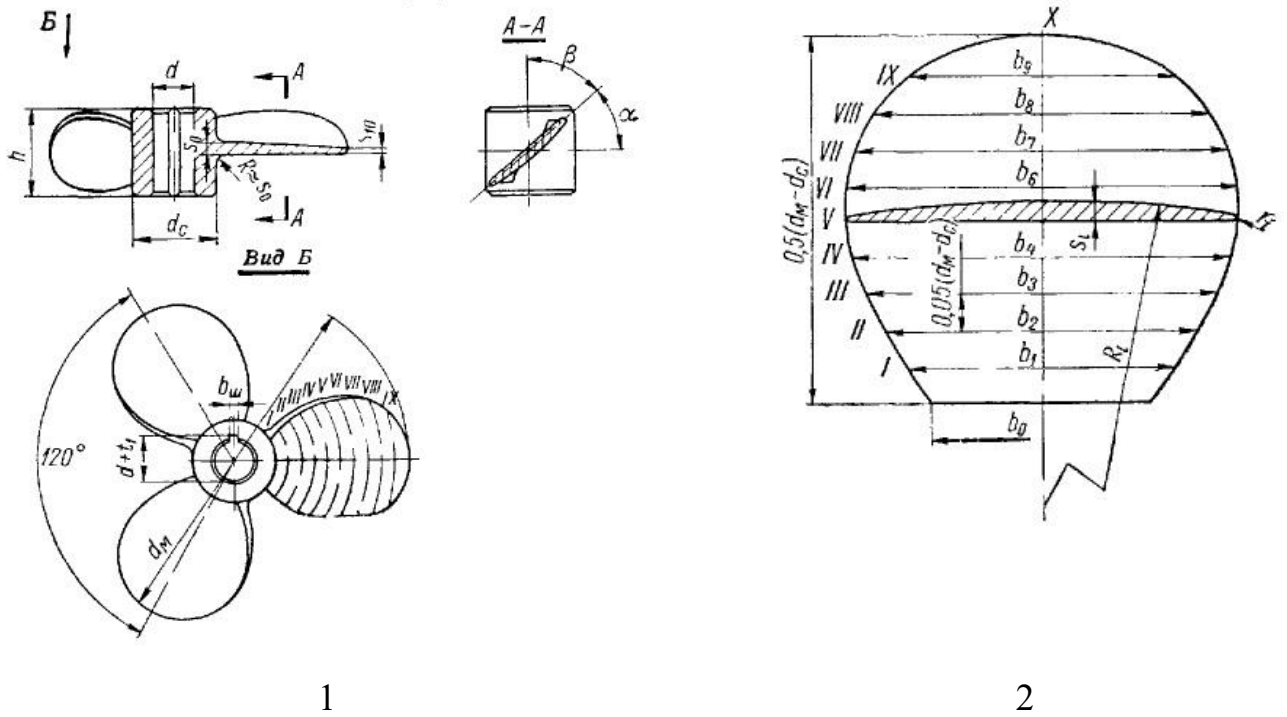


Рис. 2.3. Трилопатевий пропелерний перемішувачий пристрій [13]: 1 – конструкційні особливості; 2 – розгортка лопаті

Геометричні характеристики нерознімної маточини пропелерного перемішувачого пристрою наведені на рис. 2.4 і в табл. 2.2.

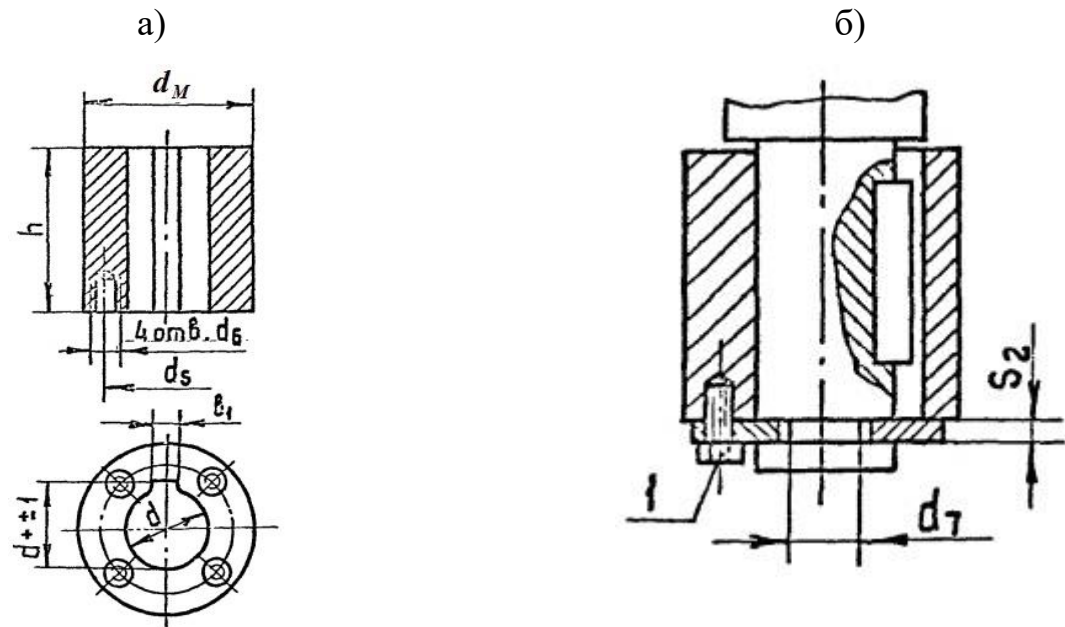


Рис. 2.4. Нерознімна маточина пропелерного перемішувачого пристрою [13]: а – конструкційні особливості; б – кріплення на валу

Параметри нерознімної маточини пропелерного перемішуючого пристрою [13]

d, мм	d _{Мат} , мм	h, мм	d ₆ , мм	d ₅ , мм	d ₇ , мм	d ₉ , мм	d ₈ , мм	c ₁ , мм	c, мм	s ₂ , мм	h ₂ , мм
50	93	90	M6	55	35	32	13	50	64	8	22

Мішалки монтується на вал, довжина якого:

$$l_6 = H - h_m = 0,95 - 0,21 = 0,74 \text{ м.}$$

Вал виготовлятиметься з покращеної сталі 40Х, оскільки у реакторі агресивне середовище.

На параметри роботи мішалки має вплив величина відцентрового критерія Рейнольда: якщо $Re_{вц} > 80$ у ємності реактора відбувається турбулентний рух.

Згідно з [13], окружна швидкість пропелерного перемішуючого пристрою з діаметром 300 мм становить $\omega = 3,65 \text{ м/с}$. Звідси, за виразом (2.23), вал перемішуючого пристрою обертається із частотою n :

$$n = \frac{3,65}{3,14 \cdot 0,28} = 4,15 \text{ с}^{-1}.$$

Лимонна кислота в суміші з біодизелем приймає обсяг $0,28 \text{ м}^3$, при чому 1% лимонної кислоти займає $4,8\%$, або ж $0,013 \text{ м}^3$, коли біодизель – $95,2\%$, або ж $0,267 \text{ м}^3$.

Об'ємна частка кислоти лимонної φ за формулою (2.26) становитиме:

$$\varphi = \frac{0,013}{0,28} = 0,05.$$

Значення густини біодизеля дорівнює 800 кг/м^3 , показник густини 1% водної суміші з лимонною кислотою – 1000 кг/м^3 ; показник в'язкості біодизеля – $0,007 \text{ Па}\cdot\text{с}$, – 1% розчиненої у воді лимонної кислоти – $0,00066 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Щільність суміші ρ_c за формулою (2.24) становитиме:

$$\rho_c = 1000 \cdot 0,05 + 800 \cdot (1 - 0,05) = 809,6 \text{ кг/м}^3.$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості суміші μ_c за формулою (2.25) становитиме:

$$\mu_c = 0,00066 \cdot 0,05 + 0,007 \cdot (1 - 0,05) = 0,00625 \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Отже, значення відцентрового критерію Рейнольда $Re_{вц}$ з виразу (2.22) буде становити:

$$Re_{вц} = \frac{4,15 \cdot 0,28^2 \cdot 809,6}{0,00625} = 42162.$$

Тому в реакторі для виробництва біодизеля формується стійкий турбулентний рух.

Критерій потужності пропелерних перемішувачів K_N при $Re_{вц} = 42162$ становитиме 15 [20].

Кут нахилу лопатей перемішувача 45° , то поправочний коефіцієнт ψ_a за формулою (2.29) становитиме:

$$\psi_a = (\sin 45^\circ)^{1,2} = 0,66,$$

Значення поправочного коефіцієнта ψ_H при $H_0/D > 1$ дорівнює 1.

Значення поправочного коефіцієнта ψ_M дорівнює 1,2 [13], [30], [32].

Тому поправочний коефіцієнт ψ для пропелерних перемішувачів за формулою (2.28) становитиме:

$$\psi = 0,66 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,792.$$

Отже, потужність на перемішування в реакторі для виробництва біодизеля за формулою (2.27) становитиме:

$$N_M = 15 \cdot 0,792 \cdot 800 \cdot 4,15^3 \cdot 0,8^5 = 1183 \text{ Вт}.$$

Приймаємо, що коефіцієнт корисної дії приводу складає 0,6. Звідси потужність електродвигуна приводу перемішувача в реакторі за формулою (2.30) складає:

$$N = \frac{1183 + 7,5}{0,6} = 1985 \text{ Вт}.$$

Для приводу в дію біодизельного реактора обираємо стійку типу I вертикального виконання з укомплектовану одноступеневим мотором-редуктором планетарно-

го виконання МПО1М-10 ущільненого сальником ШБ.

Технологічні характеристики, габаритні та приєднувальні дані обраного мотора-редуктора МПО1М-10 показані на рис. 2.5 та в табл. 2.3 і табл. 2.4. Габаритні та приєднувальні параметри стійки вертикальної конструкції 4 виконання 1 показані на рис. 2.6 та в табл. 2.5.

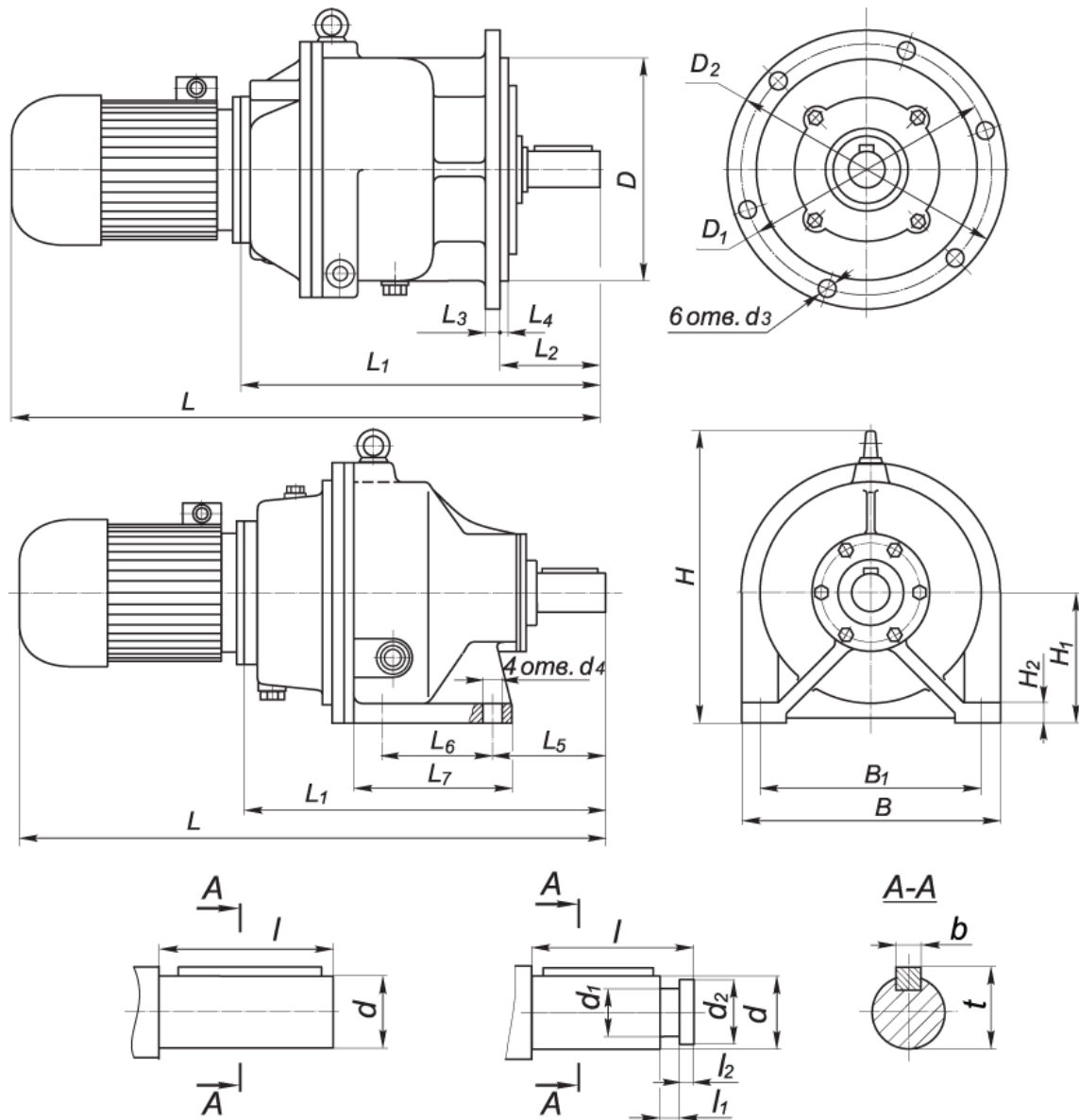


Рис. 2.5. Приєднувальні та габаритні параметри мотор-редукторів МПО [16]

Характеристики мотор-редуктора МПО1М-10 [17]

n_2 , об./хв.	М, Н·м	Електродвигун			Маса, кг		ККД	
		Марка	N, кВт	n_1 , об./хв.	Ре- дук- тора	Елект- родви- гуна	Ре- дук- тора	Елект- родви- гуна
одноступеневий МПО1М-10								
250	110	АИР100S4	3,0	1500	105	34	97	81,4

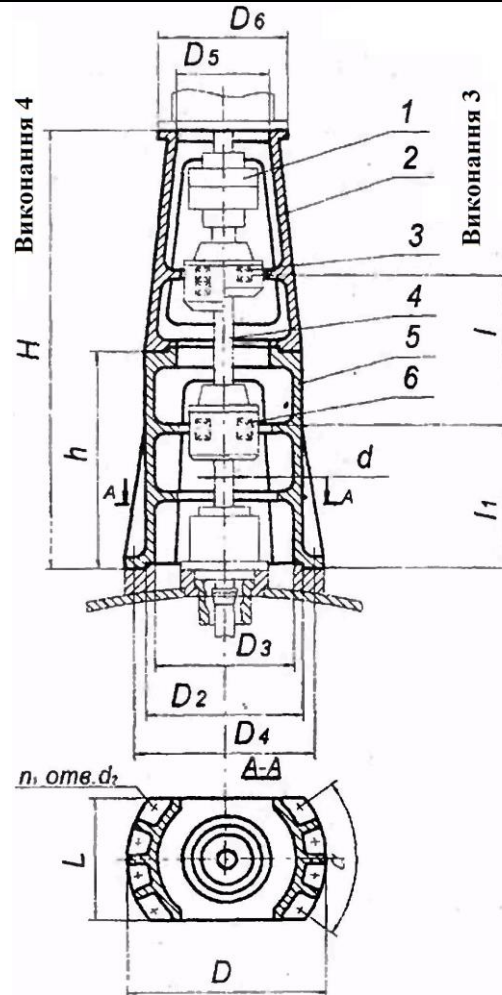


Рис. 2.6. Вертикальна стійка 1-го типу, виконання 3 та 4 [4]: 1 – муфта пружна МУВП; 2 – стійка верхня; 3 – підшипник радіально-упорний; 4 – вал; 5 – стійка нижня; 6 – підшипник самоустановлювальний дворядний

Габаритні і приєднувальні розміри мотор-редуктора МПО1М-10 (у мм) [16]

B_1	B	D_2	D_1	D	H_2	H_1	H	L_4	L_3	L_2	L_1	L
250	300	330	300	270	20	160	365	6	16	110	365	745

Габаритні розміри вертикальних стійок мотор-редуктора типу 1 [16]

Габарит	Мотор-редуктор	d , мм	D_6 , мм	D_5 , мм	D_4 , мм	D_3 , мм	D_2 , мм	D , мм
01	МПО-01-10	50	330	270	500	380	430	540

2.7. Вибір форсунок в реактор для очищення дизельного біопалива

Для розпилення у резервуарі реактора 1% розчину лимонної кислоти з метою очищення біодизеля неефективно задіювати дефлекторні та щілинні розпилювачі, тому що вони формують вузький факел розпилу, який не спроможний покрити усю поверхню біодизеля у ємності реактора. Також непридатні для цього і розпилювачі з порожнистоконусним профілем розпилення. Розпилювачі роторної дії занадто складні у конструктивному виконанні, їх важко монтувати у ємності реактора та складно обслуговувати [21]. З цих причин для отримання розпилу лимонної кислоти обираємо відцентрові розпилювачі "Disc and Core" з повним конусом розпилу фірми TeeJet. До складу розпилювача входить корпус, гайка із нержавіючої сталі, індивідуальний пластмасовий фільтр та керамічний турбулізатор DC-31 з втулкою-розпилювачем, отвір якого має діаметр 1,2 мм (рис. 3.7, е). Працює він при величині тиску 1 Бар. Величина кута розпилу у нього становить 60° , вихід рідини – 0,58 л/хв. [44].

Оптимальний обсяг подачі 1% розчину лимонної кислоти для процесу нейтралізації в біодизелі дорівнює 8 мл лимонної кислоти на 0,1 л біодизеля. Отже, оскільки обсяг, який біодизель займає в ємності реактора V_0 , дорівнює 280 л, для очищення цього обсягу необхідно ввести у біодизель $2800 \cdot 0,008 = 22,4$ л розчину лимонної кислоти шляхом розпилення.

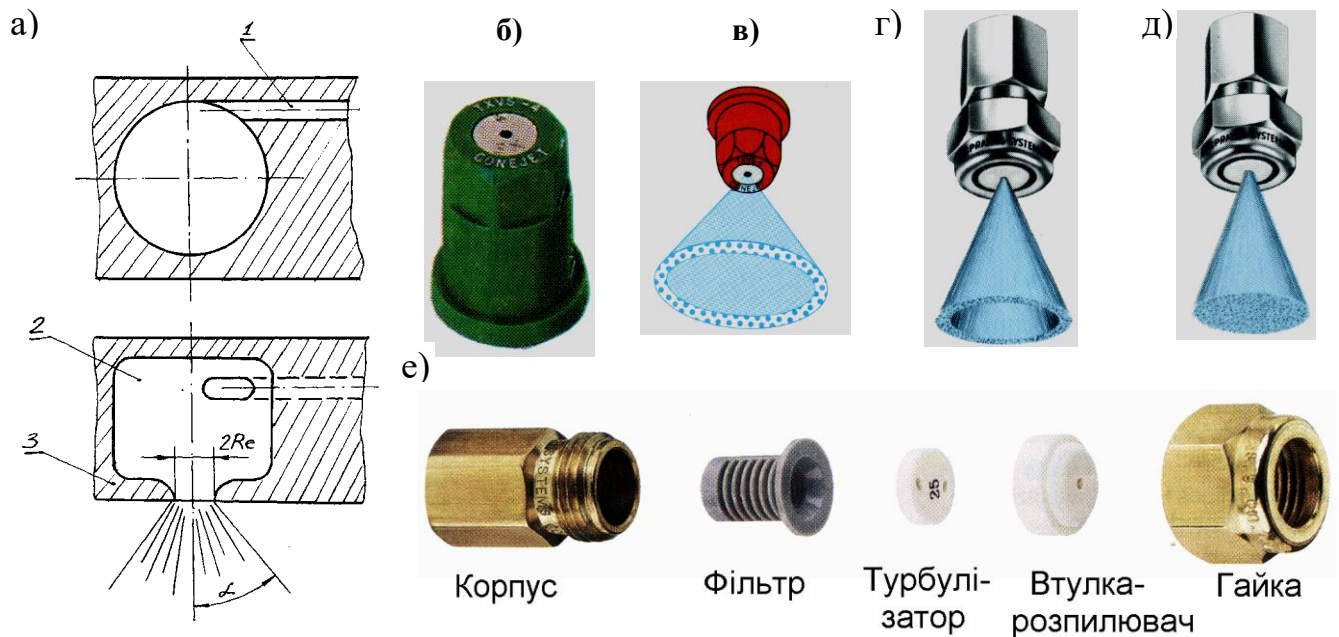


Рис. 2.7. Розпилювач відцентрової конструкції [44]: а) – схема відцентрового розпилювача: 1 – тангенційний вихідний прохід; 2 – камера закручування потоку; 3 – сопло; б) – розпилювач марки "ConeJet"; в) – форма факелу розпили розпилювача "ConeJet"; г) – порожнистоконусна форма факелу розпили та загальний вигляд розпилювача марки "Disc and Core"; д) – повноконусна форма факелу розпили та загальний вигляд розпилювача марки "Disc and Core"; е) – конструкція розпилювача марки "Disc and Core"

Оскільки висота резервуару біодизельного реактора H дорівнює 0,95 м, висота стовпа біодизеля у ньому $H_0 = 0,711$ м, знаходимо відстань від кришки реактора до верхнього шару біодизеля [13]:

$$h_p = H - H_0 = 0,95 - 0,711 = 0,239 \text{ м.} \quad (2.31)$$

Значення діаметра кола на поверхні біодизеля, яке утворює кожен розпилювач в ємності реактора S_p , розраховується по формулі [13]:

$$D_p = 2 \cdot h_p \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right), \quad (2.32)$$

де β – величина кута факела розпилювання у розпилювача, град.

Оскільки величина кута факела розпилювання у розпилювача $\beta = 60^\circ$, то зна-

чення діаметра поверхні біодизеля у ємності реактора S_p , який накриває конус одного розпилювача, з формули (2.32) дорівнює [13]:

$$D_p = 2 \cdot 0,239 \cdot \tan\left(\frac{60}{2}\right) = 0,276 \text{ м.}$$

Площина діаметра поверхні біодизеля в реакторі може бути перекритою $H/h_p = 0,8/0,276 = 2,9 \approx 3$ -ма розпилювачами. При цьому розрахунку середній розпилювач вимагає розміщення по центру, де розташований вал мішалки або поряд з ним, що не забезпечить ефективного розпилювання. Тому обираємо варіант, при якому площина діаметра в центрі біодизельного реактора перекриватиметься 4-ма розпилювачами, площі їх факелів розпилу частково перекриватимуться, що дозволить зменшити площу біодизеля, не покриту краплинами розпиленої лимонної кислоти. Отже на кришці біодизельного реактора буде встановлено 12 розпилювачів (рис. 3.8). Недолік такої схеми розташування розпилювачів - неповне покриття поверхні стовпа біодизеля поруч з стінками резервуара, але це можна компенсувати інтенсивним перемішуванням рідини.

При цьому, при витраті крізь сопло одного розпилювача 0,58 л/хв., витрата крізь 12 розпилювачів дорівнюватиме 6,96 л/хв., що відповідає 0,42 м³/год.

Оскільки необхідно вносити 22,4 л кислоти за допомогою дванадцяти розпилювачів з сумарною витратою 6,96 л/хв., час для розпилу цього обсягу становитиме $22,4/6,96=3,12 \text{ хв}=187 \text{ с}$.

Для забезпечення цієї продуктивності обираємо вібраційний насос марки НБВ-0,28 потужність якого дорівнює 280 Вт а продуктивність 7,5 л/хв. умовах мінімальної (оптимальної, максимальної) висоти підйому 1-25-70 м при масі 5,0 кг.

Для монтажу розпилювачів на кришці реактора попередньо виконуються в ній отвори, діаметри яких відповідають діаметрам отворів у гайці, в які встановлюються втулки-розпилювачі, самі ж гайки приварюються до кришки реактора. Розпилювачі укомплектовуються турбулізаторами, втулками-розпилювачами, фільтрами, які встановлюються у корпус, який в свою чергу вкручується в гайку. Гнучкі трубки

вдягаються на штуцер корпусу розпилювача та фіксуються на ньому за допомогою хомута. Вони приєднують розпилювачі до загальної гідравлічної магістралі [13].

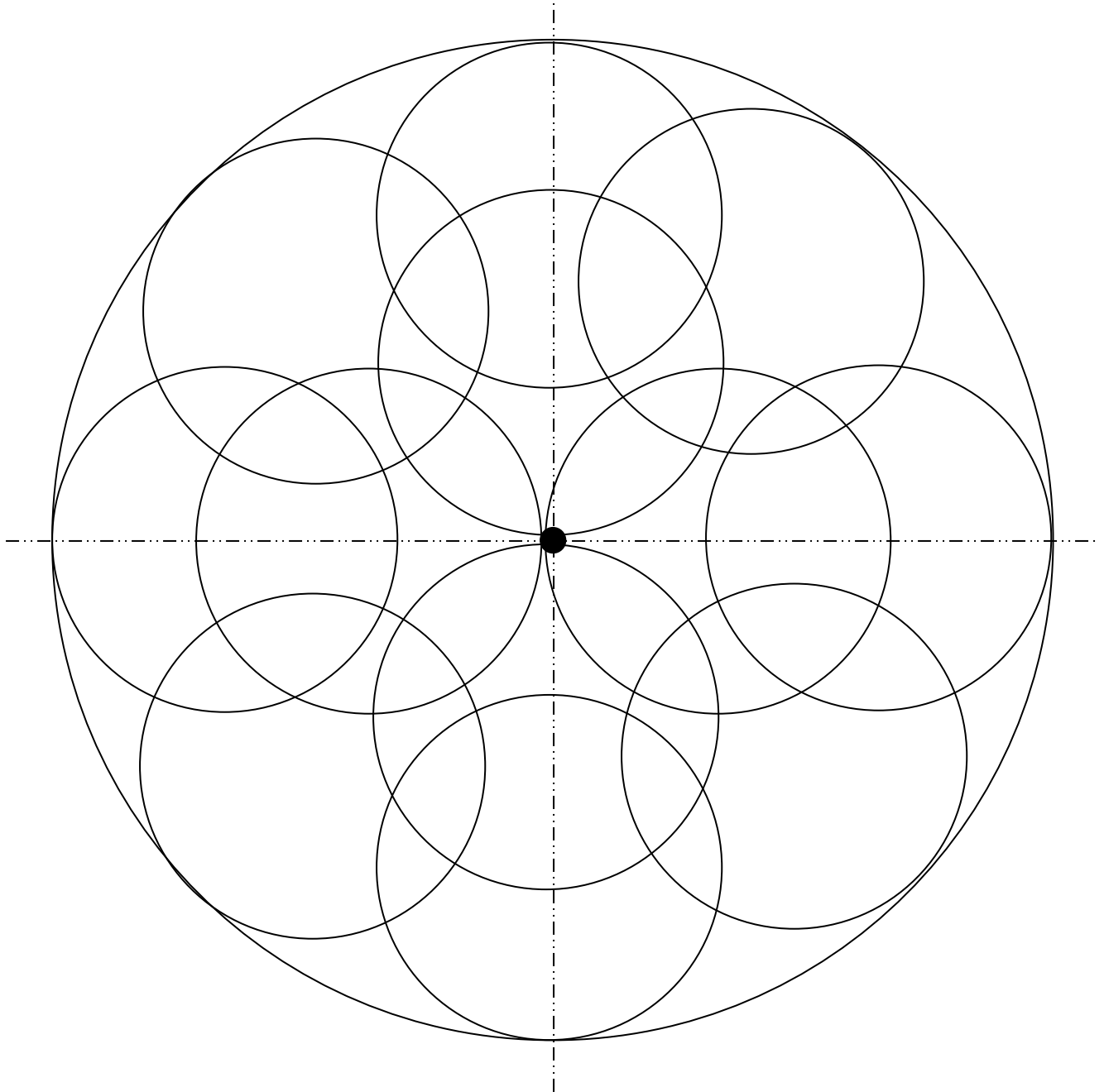


Рис. 2.8. Схема встановлення в реакторі відцентрових розпилювачів марки "Disc and Core" з повноконусним покриттям

Висновки до розділу 2

1. Конструкційно-технологічні параметри реактора для виготовлення і очищення дизельного біопалива на заводі продуктивність 1 т/добу такі:

Внутрішній об'єм біодизельного реактора V , м ³	0,4
Діаметр біодизельного реактора D_0 , м	0,8
Висота біодизельного реактора H , м	0,95
Кут при вершині конуса біодизельного реактора β , град.	120
Внутрішній об'єм циліндричної частини біодизельного реактора $V_{цч}$, м ³	0,361
Внутрішній об'єм конічної частини біодизельного реактора $V_{кч}$, м ³	0,039
Об'єм, що займає в біодизельному реакторі дизельне біопаливо V_0 , м ³	0,28
Об'єм, що займає у циліндричній частині біодизельного реактора дизельне біопаливо $V_{0цч}$, м ³	0,241
Довжина конічної частини стінки біодизельного реактора $l_{кч}$, м	0,462
Висота конуса біодизельного реактора h_d , м	0,231
Висота циліндра біодизельного реактора $H_{цч}$, м	0,719
Висота дизельного біопалива у циліндрі біодизельного реактора $H_{0цч}$, м	0,48
Висота дизельного біопалива у біодизельному реакторі H_0 , м	0,711
Товщина стінки біодизельного реактора із легованої сталі марки 25ХГФ, мм	1,2

2. При очищенні дизельного біопалива перемішування реагентів здійснюється пропелерним перемішувачем із профілем криловидної форми з такими параметрами:

- діаметр перемішувача – 0,28 м;
- ширина лопаті перемішувача – 0,07 м;
- висота розміщення перемішувача над дном реактора – 0,21 м;
- довжина валу перемішувача – 0,74 м
- частота обертання валу перемішувача – 249 об./хв.

3. Привод перемішуючого пристрою здійснюється вертикальною стійкою типу 1 у комплекті із мотор-редуктором МПО1М-10 потужністю 3 кВт.

4. Для розпилення 1% водного розчину кислоти лимонної при очищенні дизельного біопалива на кришці біодизельного реактора встановлюють 12 форсунок "Disc and Core" фірми TeeJet. Кут розпилювання становить 60°, витрата через одну форсунку – 0,58 л/хв., а витрата через дванадцять форсунок – 6,96 л/хв. Час внесення 22,4 л кислоти лимонної становитиме 3,12 хв.

Розділ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

4.1. Методика дослідження аерозольного промивання дизельного біопалива

Перевертаємо 2-х літрову пляшку ПЕТ (попередньо видаливши днище). В кришці встановлюємо кран для зливу води (рис. 3.1). Наливаємо в пляшку 300 мл кімнатної температури метилового ефіру. Над пляшкою встановлюємо повноконусний відцентровий розпилювач марки "Disc and Core" фірми TeeJet (рис. 3.2), до складу якого входить корпус з однією насадкою QJ17560A-NJB, байонетний ковпачок CP 26277-1-NY, сердечник-турбулізатор (зазвичай використовуються 3-х типів: мари DC-31-CER з одним отвором, марки DC-33-CER - з двома і марки DC-56-CER - з чотирма), керамічний диск з отвором діаметр якого 1 мм та гумовий ущільнювач CP-18999. В пластикову пляшку, в якій міститься метиловий ефір, крізь сопло повноконусного розпилювача марки "Disc and Core" розпилюється вода (рис. 3.4) за допомогою гідравлічного насоса, який сконструйований із садового обприскувача та компресора від холодильника "Атлант" для забезпечення необхідного тиску (рис. 4.3). Через певний час спостерігаємо відшарування метилового ефіру від води. Інтенсивність відшарування збільшується від вібрації стінок пляшки (рис. 3.5). Вода для промивання накопичується в пляшці і періодично видаляється крізь кран в кришці пластикової пляшки в ємність (рис. 3.6).

Тиск в системі повинен підтримуватися в границях 2 Бар. Турбулізатори використовуємо трьох типів: марки DC-31-CER з одним отвором, марки DC-33-CER - з двома та марки DC-56-CER - з чотирма. Характеристики сердечників-турбулізаторів моделі DC показані в табл. 3.1.

Термін проходження досліду - 5 год. Аналіз проб метилового ефіру з метою визначення показника його лужності виконується щогодини.

Параметри сердечників-турбулізаторів типу DC з диском DCER-2

Тип	Витрата (в л/хв.) при тиску (в Бар)										Кут розпилу (в град) при тиску (в Бар)		
	20	15	10	6	5	4	3	2	1	0,7	20	10	1
DC-31	2,0	1,8	1,5	1,2	1,1	0,98	0,86	0,72	0,53	0,45	49	54	56
DC-33	2,3	2,0	1,7	1,3	1,2	1,1	0,95	0,78	0,56	0,47	52	55	42
DC-56	2,5	2,2	1,8	1,4	1,2	1,1	0,98	0,8	-	-	16	18	-



Рис. 3.1. Пластикова кришка на пляшці ПЕТ із краном для зливу води

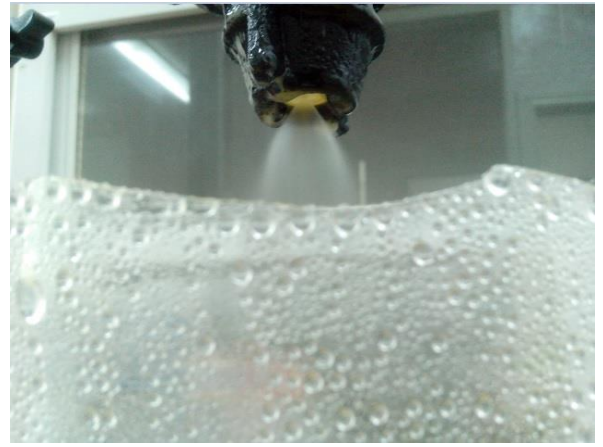


Рис. 3.2. Відцентровий повноконусний розпилювач марки "Disc and Core"



Рис. 3.3. Гідравлічний насос в складі компресора від холодильника і садового обприскувача

1



2



Рис. 3.4. Процес дослідження аерозольної промивки дизельного біопалива: 1 – суміш дизельного біопалива з водою; 2 – процес розпилення води над шаром дизельного біопалива

1



2



Рис. 3.5. Процес розшарування при аерозольній промивці дизельного біопалива: 1 – початок; 2 – закінчення

3.2. Результати експериментальних досліджень аерозольної промивки дизельного біопалива

Динаміка зміни показників лужності для метилового ефіру під час аерозольного промивання показана на рис. 3.6.

Як спостерігаємо на рис. 3.6, на протязі перших двох годин аерозольного промивання показник лужності метилового ефіру значно знижується, потім спостерігається певне його зростання під час наступного промивання протягом 1-2 год. Впродовж ще 4-5 год. аерозольного промивання показик лужності метилового ефіру починає зменшуватися до значення, нижчого від 5 мг КОН/кг. Остаточний показник лужності метилового ефіру менший майже в 2 рази, спостерігається також тенденція до його зниження на протязі наступного часу промивання.

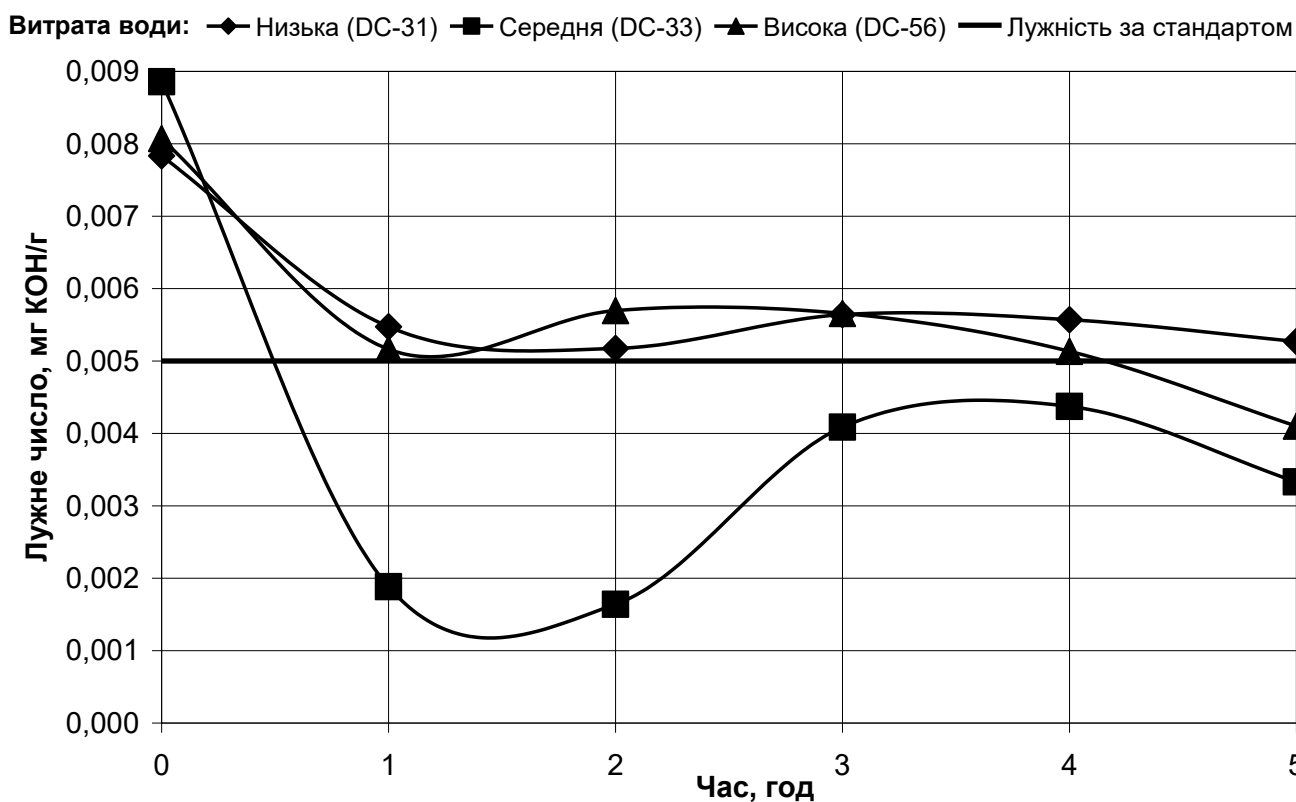


Рис. 3.6. Динаміка зміни лужності дизельного біопалива при аерозольній промивці

За дрібнодисперсного промивання (турбулізатор марки DC-31) впродовж 5 год. результуючий показник лужності метилового ефіру лише наближується до стандартної величини 5 мг/кг, а при середньодисперсному (турбулізатор марки DC-33) і крупнодисперсному (турбулізатор марки DC-56) після 5 годин аерозольного промивання досягає значення 3,5-4 мг/кг за однакових початкових умов, а це відповідає теоретичним даним.

Висновки до розділу 3

Для очищення дизельного біопалива рекомендується аерозольний метод, середньо- і крупнокраплинну промивку потрібно здійснювати на протязі не менше 5 год., дрібнокраплинну – на протязі довшого часу.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз виробничих небезпек на виробництві дизельного біопалива

В процесі отримання біодзеля працівники можуть зіштовхуватись із певними виробничими небезпеками:

- небезпека отруєння парами метанолу при вдиханні;
- метанол належить до групи легкозаймистих речовин, отже може призвести до пожежі;
- небезпека потрапляння в очі гідроксиду калію що може призвести до їх опіків;
- небезпека ураження працюючого електричним струмом;
- небезпека потрапляння кінцівок або інших частин тіла працюючого в рухомі складові приводу мішалки.

До переліку хімічних речовин, які можуть бути присутніми на робочому місці працівників при виробництві біодизеля та наступного його очищення належать метанол, калію гідроксид, лимонна кислота а також гліцерин.

Перелік небезпек в біодизельному виробництві та ефективні заходи з попередження небезпечних ситуації показані на рис. 5.1.

4.2. Визначення параметрів системи приточно-витяжної вентиляції на підприємстві з виготовлення дизельного біопалива

Відомо, що лимонна кислота, як і гліцерин, не вважаються небезпечними факторами в процесі очищення біодизеля, при цьому найбільшу небезпеку несуть гідроксид калію і пари метанолу.

Величину повітрообміну, задіяного для видалення з виробничого приміщення біодизельного процесу небезпечних речовин, визначаємо за виразом:

$$Q = \frac{C}{c_2 - c_1}, \quad (5.1)$$

1. Електрострум
2. Метанол
3. Гідрооксид калію
4. Рухомі приводи перемішуючих пристроїв

1. Працівника доторкається до неізолюваної мережі
2. Працівник вдихає повітря з парами метилового спирту
3. Куріння працівника біля місткості з метиловим спиртом
4. Відкривання працівником кришки місткості з метилатом калію
5. Одяг працівника захоплюється рухомим приводом мішалки

1. Неізолювана електромережа
2. Працівник вдихає пари метанолу
3. Працівник запалює відкрите полум'я біля місткості з метанолом
4. В очі працівника потрапляють краплі КОН
5. Травмування працівника рухомими частинами приводу мішалки



Небезпечна умова

+



Небезпечна дія

=



Небезпечна ситуація

Заходи для недопущення НВ



Можливі наслідки



1. Перевірити цілісність електромережі
2. Витяжна вентиляція в робочому приміщенні.
3. Заборона роботи із відкритим полум'ям чи куріння на виробництві біодизеля
4. Перекачування метилату калію насосом
5. Огородження рухомих частин приводу
6. Регулярні інструктажі з охорони праці

1. Електричний удар
2. Отруєння метанолом
3. Запалювання метанолу
4. Потраплення КОН в очі з опіками очей
5. Травмування працівника рухомими частинами приводу мішалки

де Q – обсяг повітря, необхідного для видалення небезпечних парів і газів з приміщення, $\text{м}^3/\text{год}$; C – обсяг небезпечних парів і газів, який виділяється в виробничому приміщенні, $\text{мг}/\text{год}$; c_2 – показник концентрації небезпечних парів і газів у повітрі виробничої споруди, $\text{мг}/\text{кг}$; c_1 – показник концентрації небезпечних парів і газів у приточному повітрі, $\text{мг}/\text{кг}$.

Значення c_2 відповідає ГДК. У випадку відсутності у приточному повітрі небезпечних парів і газів.

зпечних парів і газів $c_1 = 0$.

Гранично допустима величина концентрації аерозолу для КОН дорівнює 0,55 мг/м³ [23], для метанолу – 5,2 мг/м³ [14].

Якщо в процесі виробництва біодизеля виконується пропорція: до 100 частин рослинної олії - 10 частин метанолу і 1 частина калію гідроксиду, тоді у 278 л отриманого біодизеля міститиметься:

$$\frac{278 \cdot 1}{111} = 2,52 \text{ л КОН.}$$

При показнику густини калію гідроксиду 2045 кг/м³ вага його дорівнює:

$$0,00252 \cdot 2045 = 5,15 \text{ кг.}$$

Біодизель міститиметься біля 1,55% метанолу:

$$\frac{278 \cdot 1,55}{100} = 4,22 \text{ л.}$$

При показнику щільності біодизеля 930 кг/м³ вага його дорівнює 6,45 кг.

Припустимо, що в умовах аварійної ситуації хоча б лише 1% від 6,45 кг метанолу та 2,52 кг калію гідроксиду потраплять в приміщення розміром 5,3×6,2×4,9 м (обсяг виробничої будівлі – 104,5 м³) у вигляді пари на протязі 1 год., то обсяг шкідливих речовин, які виділяться у приміщення C , дорівнюватиме 8950 мг/год.

Отже обсяг повітрообміну, необхідного для видалення з виробничої споруди парів шкідливих речовин, з формули (5.1) буде дорівнювати:

$$Q = \frac{8950}{0,55 + 5 - 0} = 16325 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для забезпечення такого обсягу повітрообміну обираємо радіальний вентилятор низького тиску марки ВЦ-4-70 №6,3 найбільшої продуктивності - 18000 м³/год. в комплекті з електродвигуном 7,3 кВт з швидкістю обертання 3000 об./хв. [11].

Висновки до розділу 5

1. Шкідливими речовинами при виготовленні і очищенні дизельного біопалива є метанол і гідроксид калію.

2. Приточно-витяжна вентиляція приміщення заводу з виготовлення дизельного біопалива в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл. забезпечуватиметься вентилятором радіальним низького тиску ВЦ-4-70 №6,3 з продуктивністю 18000 м³/год. з двигуном потужністю 3 кВт при частоті обертання робочого колеса 3000 об./хв.

Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Показник собівартості отримання біодизеля знаходять за формулою:

$$C = C_a + C_p + C_{el} + C_o + C_c \quad (5.1)$$

де C_a – кошти на проведення амортизаційних відрахувань, грн.; C_p – кошти на реновацію, грн.; C_{el} – кошти на придбання електроенергії, грн.; C_s – кошти на виплату зарплати, грн.; C_c – кошти на придбання сировини, грн.

Показник собівартості виробництва біодизеля розраховується в грн. та в грн./л.

Витрати на проведення амортизаційних відрахувань знаходимо за формулою [12]:

$$C_a = \frac{Ц}{c_a} \quad (5.2)$$

де $Ц$ – вартість обладнання лінії виробництва біогазу, грн.; c_a – час корисної роботи обладнання, років.

У відповідності з Законом про податок на прибуток, основні фонди передбачено розподілити на 4 групи. Механізми і устаткування віднесені до 4 групи, показник мінімально допустимого терміну корисного використання для цієї групи дорівнює 5 років. Споруди віднесені до 3 групи, показник мінімально допустимого терміну корисного використання для цієї групи дорівнює 20 років [12].

Лінія виготовлення біодизеля продуктивністю 1 т/добу складається із лінії виробництва рослинних олій, лінії підготовки рослинних олій і лінії етерифікації рослинних олій. Вартість лінії виробництва рослинних олій становить 209250 грн. [6]. Вартість лінії підготовки рослинних олій становить 138850 грн. [7]. Вартість лінії етерифікації рослинних олій без обладнання для очищення біодизеля (сушарки, реакторів відбору метанолу, ділянки промивання) становить 357270 грн., а з обладнанням для очищення біодизеля - 443590 грн. [5]. Вартість будівництва приміщення для розміщення обладнання біодизельного заводу становить приблизно 3 млн. грн.

Кошти на проведення амортизаційних відрахувань на обладнання лінії вироб-

ництва біодизеля, продуктивність якого 1 т/добу, включаючи обладнання для очищення отриманого біодизеля, за формулою (5.2) дорівнюють:

$$C_a = \frac{209250 + 138850 + 443590}{5} = 158338 \text{ грн.},$$

без врахування коштів на обладнання для очищення:

$$C_a = \frac{209250 + 138850 + 357270}{5} = 141074 \text{ грн.}$$

Кошти на проведення амортизаційних відрахувань на виробничі будівлі з формули (5.2) становитимуть:

$$C_a = \frac{3000000}{20} = 150000 \text{ грн.}$$

Сумарні відрахування коштів на амортизацію наступні:

- включаючи очищення біодизеля:

$$C_a = 158338 + 150000 = 308338 \text{ грн.}$$

- без врахування коштів на очищення:

$$C_a = 141074 + 250000 = 291074 \text{ грн.}$$

Відрахування коштів на проведення ремонту визначаємо за формулою:

$$C_p = \frac{C_m \cdot H_p}{100} \quad (5.3)$$

де H_p – нормативний показник відрахувань на проведення ремонту.

Підповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 6.09.1996 р. за номером №1075, нормативний показник відрахувань на проведення ремонту за рік не повинен перевищувати 5% сумарної балансової вартості на основні фонди, встановленої на початок поточного року [24].

Кошти на проведення ремонту обладнання підприємства з отримання біодизеля за формулою (5.3) становитимуть:

- включаючи очищення біодизеля:

$$C_p = \frac{(209250 + 138850 + 443590 + 1000000) \cdot 5}{100} = 189585 \text{ грн.},$$

- не включаючи його очищення:

$$C_p = \frac{(209250 + 138850 + 357270 + 1000000) \cdot 5}{100} = 185269 \text{ грн.},$$

Затрати на придбання електроенергії для роботи підприємства з отримання біодизеля визначаються за виразом:

$$C_{el} = C_{el} \cdot N_{el} \cdot n \cdot T_1 \cdot T_2 \quad (5.4)$$

де C_{el} – вартість одиниці електричної енергії, грн./кВт · год.; N_{el} – сумарний показник потужності електрообладнання, кВт; n – значення коефіцієнта використання електрообладнання; T_1 – термін використання обладнання впродовж року, діб.; T_2 – термін використання обладнання впродовж доби, год.

Вартість електричної енергії для підприємств 2 групи в 2024 році в ПРАТ "ДТЕК Київські регіональні електромеражі" разом з ПДВ становить 965,831 коп./кВт [26]. Величина сумарної потужності біодизельного виробництва без врахування потужності на очищення біодизеля дорівнює 84 кВт, з врахуванням на очищення біодизеля - 94 кВт.

На протязі року працює завод 4 міс., тобто 120 діб в тризмінному режимі (24 год. на добу). Коефіцієнт використання електрообладнання становить 0,15.

За виразом (5.4) витрати на електроенергію під час роботи заводу з виробництва дизельного біопалива становлять:

- з очищенням дизельного біопалива:

$$C_{el} = 9,65831 \cdot 94 \cdot 0,15 \cdot 120 \cdot 24 = 229481 \text{ грн.},$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$C_{el} = 9,65831 \cdot 84 \cdot 0,15 \cdot 120 \cdot 24 = 187758 \text{ грн.}$$

Затрати на зарплату працівникам розраховуються за формулою:

$$C_o = Tc \cdot n_{роб} \cdot T_{зм} \quad (5.5)$$

де Tc – розмір посадового окладу, грн./год.; $n_{роб}$ – число працюючих, чол.; $T_{рпч}$ – число місяців у році, шт.

Оператри обслуговування обладнання працюють за графіком доба через три. Тому в процесі виробництва приймають участь чотири оператора, працюючих за

змінним графіком.

Оператор 4 розряду має посадовий оклад в розмірі 4058 грн./міс. [27]. Тоді затрати на зарплату працівникам за формулою (5.5) становитимуть:

$$C_o = 4058 \cdot 4 \cdot 12 = 194784 \text{ год.}$$

Затрати на придбання сировини визначаються сумою затрат на вирощування та процес зберігання сировини, помножених на показник продуктивності і час роботи виробництва:

$$C_c = (Z_{\text{вир}} + Z_{\text{збер}}) \cdot T_1 \cdot Pr \quad (5.6)$$

де $Z_{\text{вир}}$ – кошти на вирощування сировинних ресурсів, грн.; $Z_{\text{збер}}$ – кошти на зберігання вирощеної сировини, грн.; T_1 – час роботи виробництва впродовж року, діб.; Pr – показник продуктивності виробництва, т/добу.

Сировиною для виробництва біодизеля є озимий ріпак. При врожайності 26 ц/га на його вирощування затрати складають 6000 грн/т, а на переробку і зберігання –1500 грн/т.

Відомо, що підприємство з показником продуктивності 1 т/добу функціонує 120 діб, отже витрати на придбання сировини за виразом (5.6) дорівнюватимуть:

$$C_c = (6000 + 1500) \cdot 120 \cdot 1 = 900000 \text{ грн.}$$

Собівартість виготовлення дизельного біопалива за виразом (5.1) становитиме:

- із очищенням дизельного біопалива:

$$C_{\text{грн}} = 308338 + 189535 + 229481 + 194784 + 900000 = 1822188 \text{ грн.}$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$C_{\text{грн}} = 291074 + 185269 + 187758 + 194784 + 900000 = 1758884 \text{ грн.}$$

Показник собівартості літра біодизеля визначається формулою:

$$C_{\text{грн/л}} = \frac{C_{\text{грн}} \cdot \rho}{10^6 \cdot T_1 \cdot Pr}, \quad (5.7)$$

де ρ – показник щільності біодизеля, кг/м³; T_1 – річний термін функціонування заводу, діб.; Pr – показник продуктивності, т/добу.

Величина собівартості отримання дизельного біопалива при значенні його гус-

тини 830 кг/м³ за залежністю (5.7) дорівнюватиме:

- із очищенням дизельного біопалива:

$$C_{\text{грн/л}} = \frac{1822188 \cdot 830}{10^6 \cdot 120 \cdot 1} = 12,60 \text{ грн./л.}$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$C_{\text{грн/л}} = \frac{1758884 \cdot 830}{10^6 \cdot 120 \cdot 1} = 12,17 \text{ грн./л.}$$

Загальні капітальні вкладення в біодизельний завод розраховуються за формулою:

$$K = C \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (5.8)$$

де K – Загальні капітальні вкладення, грн.; C – кошти на придбання обладнання, грн.; K_1 – коефіцієнт, враховуючий торгівельні витрати, витрати на транспортування і зберігання ($K_1=1,11$ [15]); K_2 – коефіцієнт, враховуючий затрати на проведення монтажу обладнання ($K_2=1,13$ [15]).

Тому капітальні вкладення у завод з виготовлення біодизеля за формулою (5.8) будуть:

- із очищенням дизельного біопалива:

$$K_{\text{грн}} = 3791619 \cdot 1,11 \cdot 1,13 = 4755917 \text{ грн.}$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$K_{\text{грн}} = 3705370 \cdot 1,11 \cdot 1,13 = 4645370 \text{ грн.}$$

Сума загальних капітальних вкладен на отримання 1 л біодизеля визначається з залежності:

$$K_{\text{грн/л}} = \frac{K_{\text{грн}} \cdot \rho}{10^6 \cdot T_1 \cdot Pr}, \quad (5.9)$$

Загальні капітальні вкладення на літр виготовленого дизельного біопалива за формулою (5.9) складають:

- із очищенням дизельного біопалива:

$$K_{\text{срн/л}} = \frac{4755917 \cdot 830}{10^6 \cdot 120 \cdot 1} = 8,22 \text{ грн./л.},$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$K_{\text{срн/л}} = \frac{4647646 \cdot 830}{10^6 \cdot 120 \cdot 1} = 8,04 \text{ грн./л.}$$

Біодизель, неочищений від сторонніх речовин, має негативний вплив на роботу двигунів, що їх викривують: домішки гідроксиду калію і метанолу призводять до корозії, роз'їдають гумові деталі тощо. Це призводить до зменшення міжремонтного терміну двигуна (його періодичність збільшується в двічі).

Періодичність капітального ремонту двигуна, працюючого на біодизелі визначається за виразом:

$$P_{\text{кр}} = \frac{T_{\text{кр}}}{T_{\text{річ}}}, \quad (5.10)$$

де $P_{\text{кр}}$ – періодичність кап. ремонту двигунів на біодизелі, років; $T_{\text{кр}}$ – нормативний термін використання двигуна до початку проведення кап. ремонту, год; $T_{\text{річ}}$ – нормативний час використання двигуна за рік, год.

Норма напрацювання тракторного двигуна до здійснення капітального ремонту складає 5500 год. [25], річне навантаження – 1600 год. [3]. Отже, періодичність ремонту тракторного двигуна за формулою (5.10) становить:

$$P_{\text{кр}} = \frac{5500}{1600} = 3,4 \text{ роки.}$$

Вартість капітального ремонту двигуна трактора становить 51590 грн. [2]. Отже, загальна вартість капітального ремонту двадцяти двигунів тракторів становить:

- із очищенням дизельного біопалива:

$$B_{\text{кр}} = 51590 \cdot 20 \cdot 1 = 1031800 \text{ грн. за 3,4 роки, або}$$

$$B_{\text{кр}} = \frac{1031800}{3,4} = 300160 \text{ грн./рік.}$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$B_{кр} = 51590 \cdot 20 \cdot 2 = 2063600 \text{ грн. за 3,4 роки, або}$$

$$B_{кр} = \frac{2063600}{3,4} = 600320 \text{ грн./рік.}$$

Величина річного економічного ефекту від зменшення вартості ремонту двигунів на біодизелі становить:

$$F = 600320 - 300160 = 300160 \text{ грн./рік.}$$

Термін окупності інвестиційних коштів визначається з залежності:

$$P = \frac{K}{F} \quad (5.11)$$

де P – термін окупності інвестиційних коштів, років; K – обсяг капіталовкладень, грн.; F – обсяг річних грошових надходжень в результаті реалізації даного проекту, грн./рік.

Річний обсяг грошових надходжень в результаті інвестицій F визначається з виразу:

$$F = \Pi_{прод} \cdot V_{бiod} - B_p \quad (5.12)$$

де $\Pi_{прод}$ – вартість одиниці отриманої продукції, грн./л; $V_{прод}$ – річний обсяг отриманої продукції, л/рік; B_p – кошти на проведення ремонту за рік, грн..

Ціну біодизеля визначаємо в залежності від показника собівартості, враховуючи торгівельну надбавку:

$$\Pi_{прод} = C + \frac{C \cdot TH}{100} \quad (5.13)$$

де C – показник собівартості отримання біодизеля, грн./л; TH – встановлена торговельна надбавка, %.

При торговельній надбавці 5% вартість на виготовленого біодизеля складатиме:

- на обладнанні із очищенням дизельного біопалива:

$$\Pi_{прод} = 12,6 + \frac{12,6 \cdot 5}{100} = 13,23 \text{ грн.}$$

- на обладнанні без очищення дизельного біопалива:

$$C_{\text{прод}} = 12,17 + \frac{12,17 \cdot 5}{100} = 12,77 \text{ грн.}$$

Обсяг виробленого на протязі року біодизеля знаходимо з залежності:

$$V_{\text{біод}} = Pr \cdot T_1 \cdot \rho, \quad (5.14)$$

де Pr – показник продуктивності біодизельного виробництва, т/добу; T_1 – річний час використання лінії вироблення біодизеля, діб.; ρ – показник щільності біодизеля, кг/м³.

Річний обсяг виготовленого дизельного біопалива за формулою (5.14) складатиме:

$$V_{\text{біод}} = 1 \cdot 120 \cdot 830 = 99600 \text{ л.}$$

Річний обсяг грошових надходжень в результаті освоєння інвестицій за виразом (5.13) дорівнюватиме:

- із очищенням дизельного біопалива:

$$F = 99600 \cdot 13,23 - 300160 = 1017911 \text{ грн.};$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$F = 99600 \cdot 12,77 - 600320 = 671960 \text{ грн.}$$

Період окупності інвестицій за формулою (5.11) складатиме:

- із очищенням дизельного біопалива:

$$P = \frac{4755917}{1017911} = 4,7 \text{ роки,}$$

- без очищення дизельного біопалива:

$$P = \frac{4647647}{671960} = 6,9 \text{ роки.}$$

Порівняння економічного ефекту від виготовлення дизельного біопалива на обладнанні із очищенням і без очищення в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл. представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Економічний ефект від виготовлення дизельного біопалива на обладнанні із очищенням і без очищення в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл.

№	Показники	Без очищення дизельного біопалива	Із очищенням дизельного біопалива
1	2	3	4
1	Загальні капітальні вкладення, грн.	4647646	4755917
2	Затрати на амортизацію, грн.	291074	308338
3	Затрати на ремонт, грн.	185269	189585
4	Затрати на електричну енергію, грн.	187758	229481
5	Затрати на заробітну плату, грн.	194784	194784
6	Затрати на сировину, грн.	900000	900000
7	Собівартість виготовлення дизельного біопалива, грн.	1 758 884	1 822 188
	грн./л	12.17	12.60
8	Вартість дизельного біопалива, грн./л	12.77	13.23
9	Річна вартість грошових надходжень, грн./рік	671960	1017911
10	Період окупності інвестицій, років	6.9	4.7

Висновки до розділу 5

Собівартість дизельного біопалива, виготовленого на обладнанні із системою очищення, становить 12,6 грн./л. При торговельній надбавці 5% ціна дизельного біопалива складатиме 13,23 грн./л. Грошові надходження від продажу дизельного біопалива складатимуть 1017911 грн., термін окупності інвестицій – 4,7 років.

ВИСНОВКИ

1. Біодизель виробляється за технологіями з гомогенним катализатором, з гетерогенним катализатором і з технологією з надкритичним станом метанолу.

2. Існують технології вологого, сухого і мембранного очищення біодизеля.

3. Конструкційно-технологічні параметри реактора для виготовлення і очищення дизельного біопалива на заводі продуктивність 1 т/добу такі:

Внутрішній об'єм біодизельного реактора V , м ³	0,4
Діаметр біодизельного реактора D_0 , м	0,8
Висота біодизельного реактора H , м	0,95
Кут при вершині конуса біодизельного реактора β , град.	120
Внутрішній об'єм циліндричної частини біодизельного реактора $V_{цч}$, м ³	0,361
Внутрішній об'єм конічної частини біодизельного реактора $V_{кч}$, м ³	0,039
Об'єм, що займає в біодизельному реакторі дизельне біопаливо V_0 , м ³	0,28
Об'єм, що займає у циліндричній частині біодизельного реактора дизельне біопаливо $V_{0цч}$, м ³	0,241
Довжина конічної частини стінки біодизельного реактора $l_{кч}$, м	0,462
Висота конуса біодизельного реактора h_d , м	0,231
Висота циліндра біодизельного реактора $H_{цч}$, м	0,719
Висота дизельного біопалива у циліндрі біодизельного реактора $H_{0цч}$, м	0,48
Висота дизельного біопалива у біодизельному реакторі H_0 , м	0,711
Товщина стінки біодизельного реактора із легованої сталі марки 25ХГФ, мм	1,2

4. При очищенні дизельного біопалива перемішування реагентів здійснюється пропелерним перемішуючим пристроєм із профілем крилоподібної форми з такими параметрами:

- діаметр перемішуючого пристрою – 0,28 м;
- ширина лопаті перемішуючого пристрою – 0,07 м;

- висота розміщення перемішуючого пристрою над дном реактора – 0,21 м;
- довжина валу перемішуючого пристрою – 0,74 м
- частота обертання валу перемішуючого пристрою – 249 об./хв.

5. Привод перемішуючого пристрою здійснюється вертикальною стійкою типу 1 у комплекті із мотор-редуктором МПО1М-10 потужністю 3 кВт.

6. Для розпилення 1% водного розчину кислоти лимонної при очищенні дизельного біопалива на кришці біодизельного реактора встановлюють 12 форсунок "Disc and Core" фірми TeeJet. Кут розпилювання становить 60°, витрата через одну форсунку – 0,58 л/хв., а витрата через дванадцять форсунок – 6,96 л/хв. Час внесення 22,4 л кислоти лимонної становитиме 3,12 хв.

7. Для очищення дизельного біопалива рекомендується аерозольний метод, середньо- і крупнокраплинну промивку потрібно здійснювати на протязі не менше 5 год., дрібнокраплинну – на протязі довшого часу.

8. Шкідливими речовинами при виготовленні і очищенні дизельного біопалива є метанол і гідроксид калію. Приточно-витяжна вентиляція приміщення заводу з виготовлення дизельного біопалива в ПСП "Ківшовата" Таращанського р-ну Київської обл. забезпечуватиметься вентилятором радіальним низького тиску ВЦ-4-70 №6,3 з продуктивністю 18000 м³/год. з двигуном потужністю 3 кВт при частоті обертання робочого колеса 3000 об./хв.

9. Собівартість дизельного біопалива, виготовленого на обладнанні із системою очищення, становить 12,6 грн./л. При торговельній надбавці 5% ціна дизельного біопалива складатиме 13,23 грн./л. Грошові надходження від продажу дизельного біопалива складатимуть 1017911 грн., термін окупності інвестицій – 4,7 роки.

Список використаних джерел

1. Бойко В.С., Самойчук К.О., Тарасенко В.Г., Верхованцева В.О., Паляничка Н.О., Михайлов Є.В., Червоткіна О.О. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: підручник. Київ: ПрофКнига, 2021. 468 с.
2. Вартість ремонтних робіт тракторами. Матеріали із сайту Вартість ремонту двигунів [Електронний ресурс]. URL: <https://shostka.chomuchka.cx.ua/articles/vartist-remontu-dviguniv-mtz-82.html>.
3. Гречкосій В. Д., Гуменюк Я. В., Кононенко М. П. Нормативна база для обчислення витрат коштів на утримання техніки. Економічний довідник аграрника. За ред. П. Т. Саблука. К.: Преса України, 2003. С. 457-496.
4. Данилов І.П., Самойленко С.І. Апарати мікробіологічної промисловості: навч. посібник. Харків : НТУ «ХП», 2008. 272 с.
5. Довідка про ціну на лінію виробництва дизельного біопалива. Чернігів. ТОВ "ТАН". 4 с.
6. Довідка про ціну на лінії виробництва рослинних олій типу ЛВРО-ЕКО-БІО. Харків. НПП "Екструдер". 1 с.
7. Довідка про ціну на лінію підготовки рослинних олій до естерифікації. Чернігів. ТОВ "ТАН". 4 с.
8. ДСТУ 2238-96 Апарати емальовані з механічними перемішувальними пристроями. Типи, основні параметри і розміри. Київ: Укрстандарт, 1997. 34 с.
9. ДСТУ 7809-2015. Прокат сортовий, калібрований, зі спеціальним оброблянням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови. Київ: ДП «УкрНДЦ», 2016. 25 с.
10. ДСТУ 8540-2015. Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. Київ: Укрстандарт, 2016. 25 с.
11. Загальнообмінна вентиляція. Матеріали із сайту ССКТМ [Електронний ресурс]. URL: https://www.ccktm.com/index.php?route=cardfile/cardfile&cardfile_category_id=6.

12. Мельник В.І., Ревенко Ю.І., Карабиньош С.С. Амортизація основних засобів. К.: ТОВ "Тонар", 2012. 26 с.

13. Михайліченко В.П., Нечипоренко Д.І., Новожилова Т.Б., Себко В.В., Пітак І.В., Пітак О.Я. Розрахунок і конструювання посудин і апаратів хімічної та харчової промисловості: підручник. Харків : НТУ "ХП", 2020. 280 с.

14. Метанол. Матеріали із сайту Вікіпедія. [Електронний ресурс]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB>.

15. Методика (основне положення) щодо визначення економічної ефективності використання в народному господарстві нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій.

16. Мотор-редуктор МПО2-18-29,6-11/49 планетарний. Матеріали із сайту КИЇВСЬКИЙ ВЕНТИЛЯТОРНИЙ ЗАВОД [Електронний ресурс]. URL: <https://ventilator.ua/product/motor-reduktor-mpo2-18-296-11-49/>.

17. Мотор-редуктор планетарний МПО-2М-10-66.5-1.5/20. Матеріали із сайту ТОВ «ЕЛЕКТРОДВИГУН» [Електронний ресурс]. URL: https://motory.in.ua/ua/p680646954-motor-reduktor-planetarnyj.html?srsId=AfmBOoqTRnsctQiSCpcdWU21YLkKlhbFbfoRY5Sor6Ph4g_z0jM2_i2L.

18. Поліщук В. М., Войтюк В. Д. Процеси, машини та обладнання виробництва твердих і рідких біопалив: монографія. Київ: НУБіП України, 2018. 588 с.

19. Поліщук В. М., Войтюк В. Д., Тарасенко С.Є. Процеси, системи та обладнання для виробництва біопалива: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 548 с.

20. Поліщук В.М., Дубровін В.О., Драгнєв С.В. Інженерія систем природокористування. Частина 4. Конструктивно-технологічний розрахунок механічних мішалок. Методичні вказівки. Київ: АграрМедіаГруп, 2013. 160 с.

21. Поліщук В.М., Козак Н.І. Аналіз типів розпилювачів для аерозольного промивання біодизеля. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і

природокористування, 2016. № 254. С. 94-104.

22. Приватне сільськогосподарське підприємство (ПСП) "Ківшовата". Матеріали із сайту TRIPOLI [Електронний ресурс]. URL: <https://tripoli.land/ua/farmers/kievskaya/taraschanskiy/kivshovata-38230365>.

23. Про затвердження Правил безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення: наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 355 від 12.06.2013.

24. Про затвердження Положення про порядок визначення амортизації та віднесення амортизаційних відрахувань на витрати виробництва (обігу): постанова Кабінету Міністрів України №1075 від 6.09.1996.

25. Про затвердження Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту: наказ Міністерства транспорту України № 102 від 30.03.98.

26. Рівні цін на універсальні послуги для побутових та малих непобутових споживачів, у тому числі для побутових та малих непобутових споживачів, які є користувачами малої системи розподілу, що вводяться в дію з 01 жовтня 2024 року. Матеріали із сайту ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "КИЇВСЬКА ОБЛАСНА ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНА КОМПАНІЯ" [Електронний ресурс]. URL: <https://коес.com.ua/page?root=23>.

27. Розміри посадових окладів за ЄТС. Матеріали із сайту Бухгалтер бюджетної установи [Електронний ресурс]. URL: <https://buhgalter.com.ua/dovidnik/posadovi-okladi-za-ets/rozmiri-posadovih-okladiv-za-yets-ta-okladiv-robotnikiv-zaunyatih/>.

28. Самойчук К.О., Бойко В.С., Олексієнко В.О., Петриченко С.В., Тарасенко В.Г., Паляничка Н.О., Верхованцева В.О., Ковальов О.О., Задосна Н.О. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництві: підручник. Київ: Проф-Книга, 2020. 428с.

29. Сталь 12X18H10T. Матеріали із сайту WESTA [Електронний ресурс]. URL: <https://westa.kiev.ua/ru/standarty/marki-stali/stal-12x18h10t>.

30. Стороженко В.Я., Смирнов В.А. Реактори об'ємного типу з перемішу валь-

ними пристроями (розрахунок та конструювання): навч. посібник. Суми: СДУ, 2010. 284 с

31. Холявко В.В., Владимирський І.А. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів: лабораторний практикум. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 114 с.

32. Черевко О.І., Поперечний А.М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник. Х.: Світ Книг, 2014. 495 с

33. Atadashi I.M. Refining technologies for the purification of crude biodiesel. *Applied Energy*. 2011. Vol. 88, Iss. 12. P. 4239-4251. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.05.029.

34. Alovert M. Biodiesel homebrew guide: everything you need to know to make quality alternative diesel fuel out of waste restaurant fryer oil. US: M. Alovert, 2007. 115 с.

35. Cao P., Dubé M.A., Tremblay A.Y. High-purity fatty acid methyl ester production from canola, soybean, palm, and yellow grease lipids by means of a membrane reactor. *Biomass Bioenergy*. 2008. Vol. 32, Iss. 11. P. 1028-1036. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.01.020.

36. Casas A., Perez A., Ramos M.J. Catalyst removal after the chemical Interesterification of sunflower oil with methyl acetate. *Organic process research & development*. 2017. Vol. 21, Iss. 9. P. 1253-1258. doi: 10.1021/acs.oprd.7600108.

37. Casas A., Ramos M.J., Perez A. Adsorption equilibrium and kinetics of methyl acetate/methanol and methyl acetate/water mixtures on zeolite 5A. *Chemical Engineering Journal*. 2013. Vol. 220. P. 337-342. doi: 10.1016/j.cej.2013.01.042.

38. Georgogianni K.G. Transesterification of rapeseed oil for the production of biodiesel using homogeneous and heterogeneous catalysis. *Fuel Processing Technology*. 2009. Vol. 90, Iss. 7-8. P. 1016-1022. doi: 10.1016/j.fuproc.2009.03.002.

39. Hajek M. Transesterification of rapeseed oil by butanol and separation of butyl ester. *Journal of cleaner production*. 2017. Vol. 155, Iss. 1. P. 28-33. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.007.

40. Patent US5849939A, IPC C07C67/03, C07C69/24, C07C69/52, C11C3/04. Method for producing esters of fatty acids / Theodore Wimmer; The patentee Vogel und Noot Industriallagenbau Gesellschaft mbH. declared 28.06.1991; published 20.04.1996.

41. Polishchuk V. Review of technology and technical means to produce biodiesel. *SWorld Journal*. 2016. Iss. 11, Vol. 10. P. 229-232. URL: <http://www.sworld.com.ua/e-journal/j1110.pdf>.

42. Saleh J., Tremblay A.Y., Dube M.A. Glycerol removal from biodiesel using membrane separation technology. *Fuel*. 2010. Vol. 89, Iss. 9. P. 2260-2266. doi: 10.1016/j.fuel.2010.04.025.

43. Šterbáček Z., Tausk P. *Mixing in the Chemical Industry*. Pergamon Press, 1965. 389 p.

44. TeeJet Technologies: Katalog-51RU. Spraying Systems Co. 146 p.

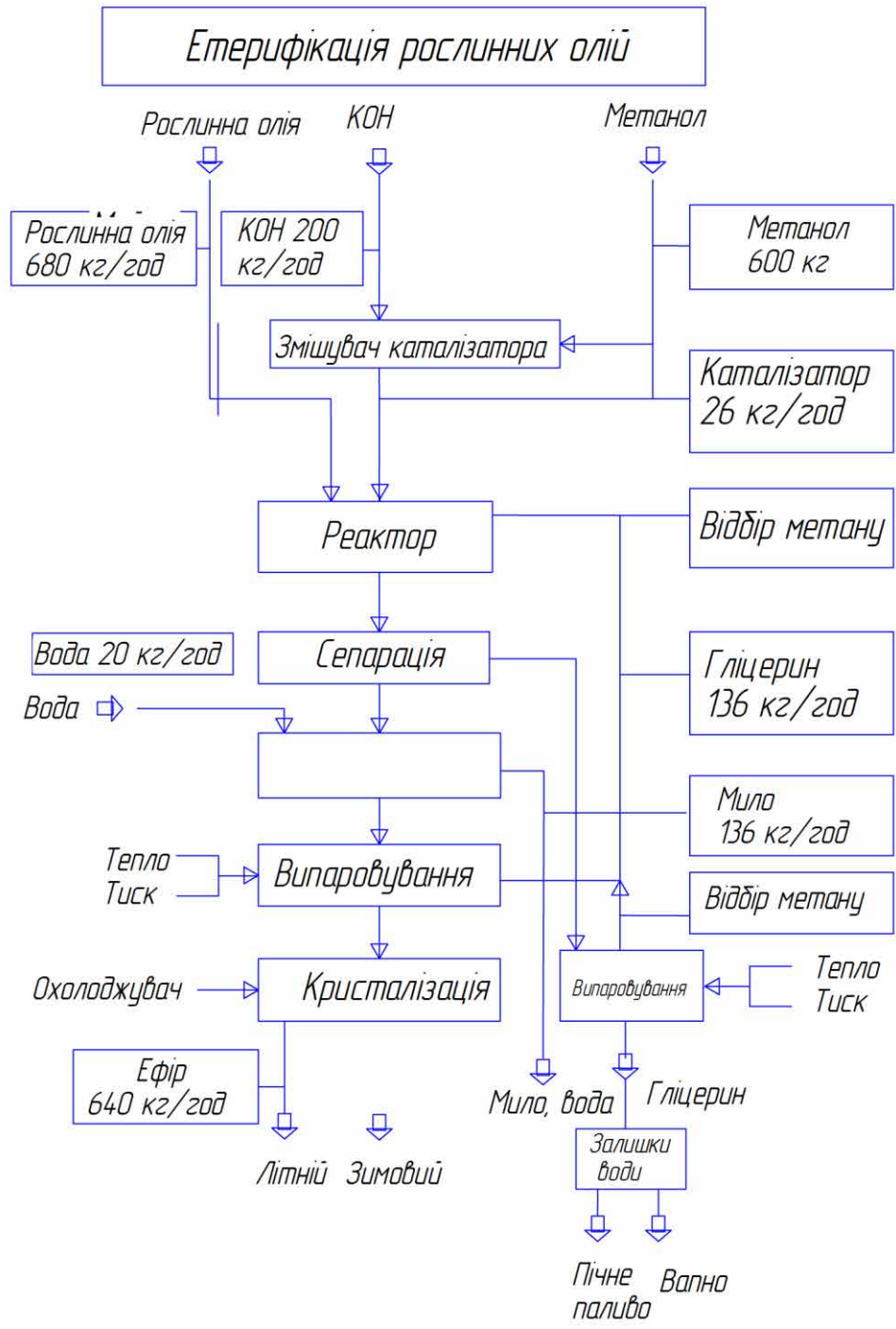
ДОДАТКИ

Додаток А

Креслення

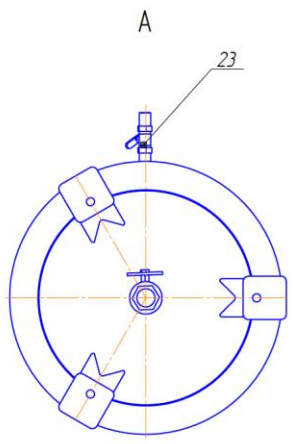
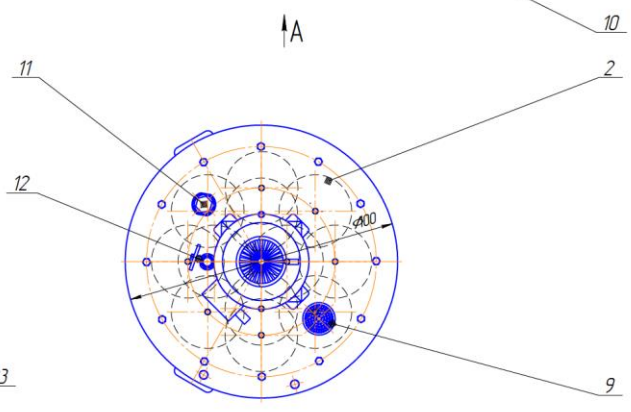
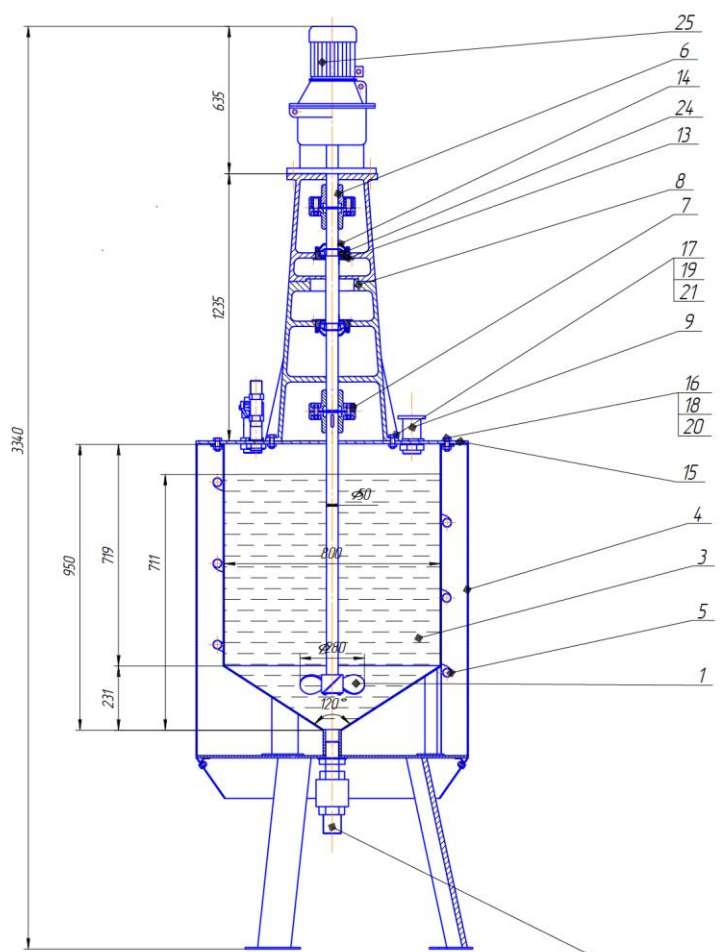
Технологічна схема виробництва ефірів з олії

01.03 - МР. 2225 "С" 00.00.024 ТС



Лист 1 з 1
Лист 2 з 2
Лист 3 з 3
Лист 4 з 4
Лист 5 з 5
Лист 6 з 6
Лист 7 з 7
Лист 8 з 8
Лист 9 з 9
Лист 10 з 10
Лист 11 з 11
Лист 12 з 12
Лист 13 з 13
Лист 14 з 14
Лист 15 з 15
Лист 16 з 16
Лист 17 з 17
Лист 18 з 18
Лист 19 з 19
Лист 20 з 20
Лист 21 з 21
Лист 22 з 22
Лист 23 з 23
Лист 24 з 24
Лист 25 з 25
Лист 26 з 26
Лист 27 з 27
Лист 28 з 28
Лист 29 з 29
Лист 30 з 30
Лист 31 з 31
Лист 32 з 32
Лист 33 з 33
Лист 34 з 34
Лист 35 з 35
Лист 36 з 36
Лист 37 з 37
Лист 38 з 38
Лист 39 з 39
Лист 40 з 40
Лист 41 з 41
Лист 42 з 42
Лист 43 з 43
Лист 44 з 44
Лист 45 з 45
Лист 46 з 46
Лист 47 з 47
Лист 48 з 48
Лист 49 з 49
Лист 50 з 50
Лист 51 з 51
Лист 52 з 52
Лист 53 з 53
Лист 54 з 54
Лист 55 з 55
Лист 56 з 56
Лист 57 з 57
Лист 58 з 58
Лист 59 з 59
Лист 60 з 60
Лист 61 з 61
Лист 62 з 62
Лист 63 з 63
Лист 64 з 64
Лист 65 з 65
Лист 66 з 66
Лист 67 з 67
Лист 68 з 68
Лист 69 з 69
Лист 70 з 70
Лист 71 з 71
Лист 72 з 72
Лист 73 з 73
Лист 74 з 74
Лист 75 з 75
Лист 76 з 76
Лист 77 з 77
Лист 78 з 78
Лист 79 з 79
Лист 80 з 80
Лист 81 з 81
Лист 82 з 82
Лист 83 з 83
Лист 84 з 84
Лист 85 з 85
Лист 86 з 86
Лист 87 з 87
Лист 88 з 88
Лист 89 з 89
Лист 90 з 90
Лист 91 з 91
Лист 92 з 92
Лист 93 з 93
Лист 94 з 94
Лист 95 з 95
Лист 96 з 96
Лист 97 з 97
Лист 98 з 98
Лист 99 з 99
Лист 100 з 100

01.03 - МР. 2225 "С" 00.00.024 ТС			
Зад. Лист	МР. Лист	Лист	Всього
Розроб.	Затверд.	Листів	Місяць
Викон.	Листів	Листів	Листів
Відп.	Листів	Листів	Листів
Свід.	Листів	Листів	Листів
Технологічна схема виробництва ефірів з олії			
Лист 1 з 1			
ННБП України			
Київ			



Размери для довідок

Технічні характеристики

Внутрішній об'єм реактора V, м	304
Висота реактора H, м	0,95
Діаметр реактора D, м	0,8
Кут при вершині конуса β, град	120
Внутрішній об'єм циліндричної частини реактора V _ц , м куб	30,36
Об'єм, що займає біодозель в реакторі V _б , м куб	30,28
Висота конічної частини реактора h _к , м	0,231
Висота циліндричної частини реактора H _ц , м	0,719
Висота біодозелі в реакторі H _б , м	0,711

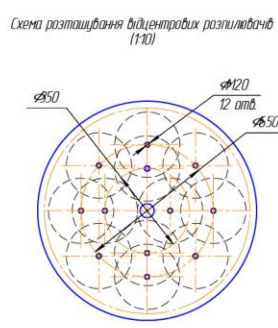
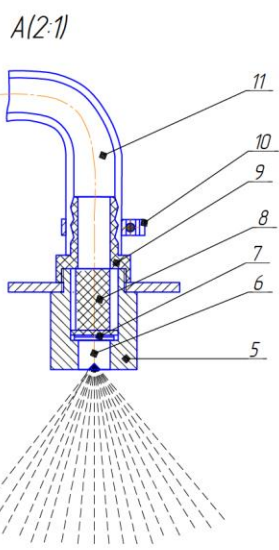
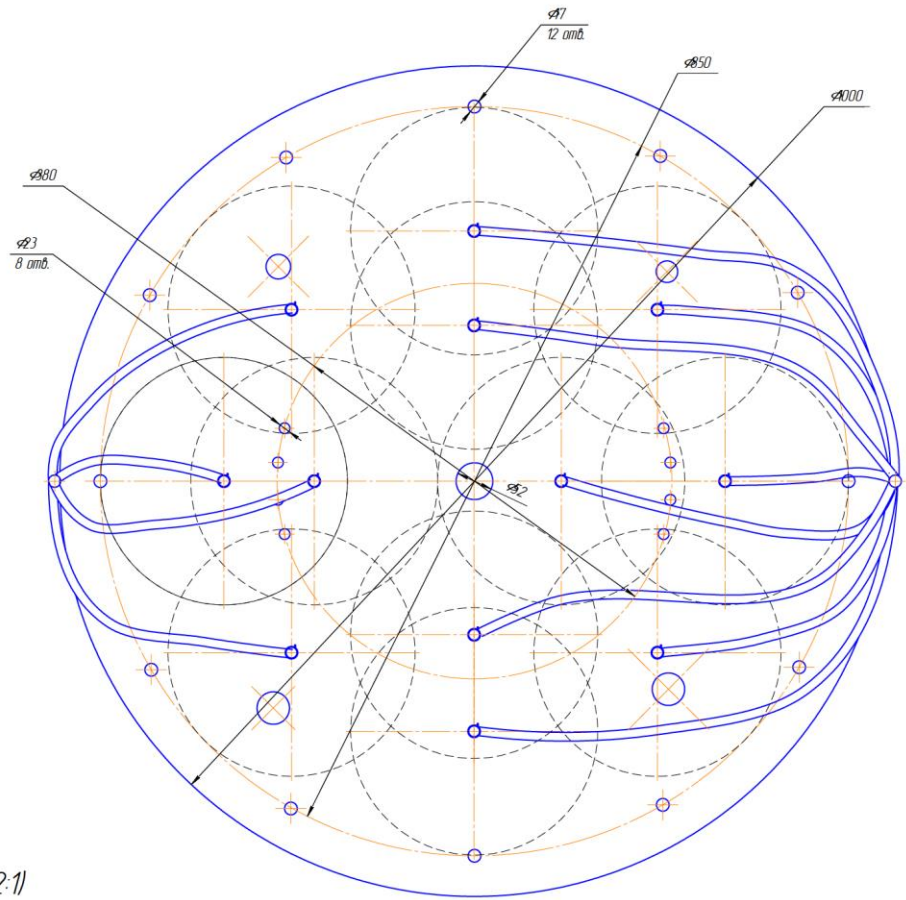
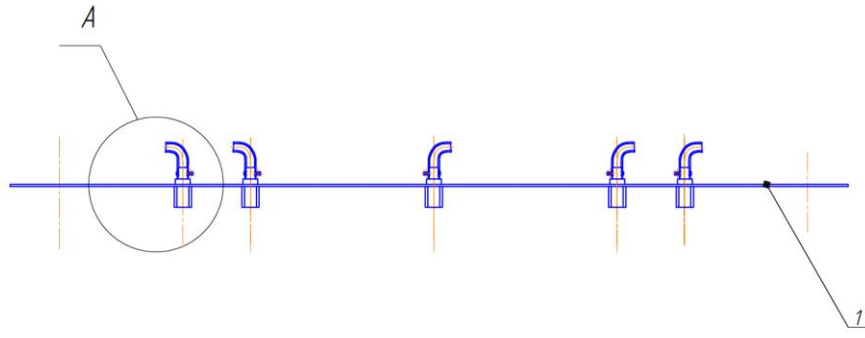
0103 - МР. 2225 "С" 00.00.024.38				Лист	Рисунка
Розробник	Замовник	Лист	Дата	185	1/10
Проєкт	Політик	Загальний вигляд		Лист	Листів
Наказ	Єдиниця			НУБІП України	
Свід.	Свід.			Копіював	Формат А1

Лист 1 з 1
 Дата: 10.05.2017
 МР. 2225 "С" 00.00.024.38
 Лист 1 з 1

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
					<u>Документація</u>				
	A1			01.03 - МР. 2225 "С" 00.00.024 3В	Реактор				
					<u>Складальні одиниці</u>				
Справ. №	A4	1		01.03 - МР. 2225 "С" 00.01.024	Мішалка у зборі	1			
	A4	2		01.03 - МР. 2225 "С" 00.02.024	Кришка реактора	1			
	A4	3		01.03 - МР. 2225 "С" 00.03.024	Ємність внутрішня	1			
	A4	4		01.03 - МР. 2225 "С" 00.04.024	Ємність зовнішня	1			
	A4	5		01.03 - МР. 2225 "С" 00.05.024	Теплообмінник	1			
	A4	6		01.03 - МР. 2225 "С" 00.06.024	Муфта пружна	1			
	A4	7		01.03 - МР. 2225 "С" 00.07.024	Муфта фланцева	1			
	A4	8		01.03 - МР. 2225 "С" 00.08.024	Вертикальна стійка	1			
	A4	9		01.03 - МР. 2225 "С" 00.09.024	Фільтр повітряний	1			
	A4	10		01.03 - МР. 2225 "С" 00.10.024	Пристрій зливний	1			
	A4	11		01.03 - МР. 2225 "С" 00.11.024	Патрубок загрузочний	1			
	A4	12		01.03 - МР. 2225 "С" 00.12.024	Патрубок газопроводу	1			
	A3	13		01.03 - МР. 2225 "С" 00.13.024	Корпус підшипника	2			
	A3	14		01.03 - МР. 2225 "С" 00.14.024	Кришка підшипника	2			
					<u>Деталі</u>				
	A4	15		01.03 - МР. 2225 "С" 00.00.001.024	Прокладка	1			
Подп. и дата	01.03 - МР. 2225 "С" 00.00.024								
	Изм.	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата				
Инв. № подл.	Разраб.	Зражевський					Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Полищук							1
	Н.контр.	Еременко					НУБІП України		
	Утв.								

Копировал

Формат А4

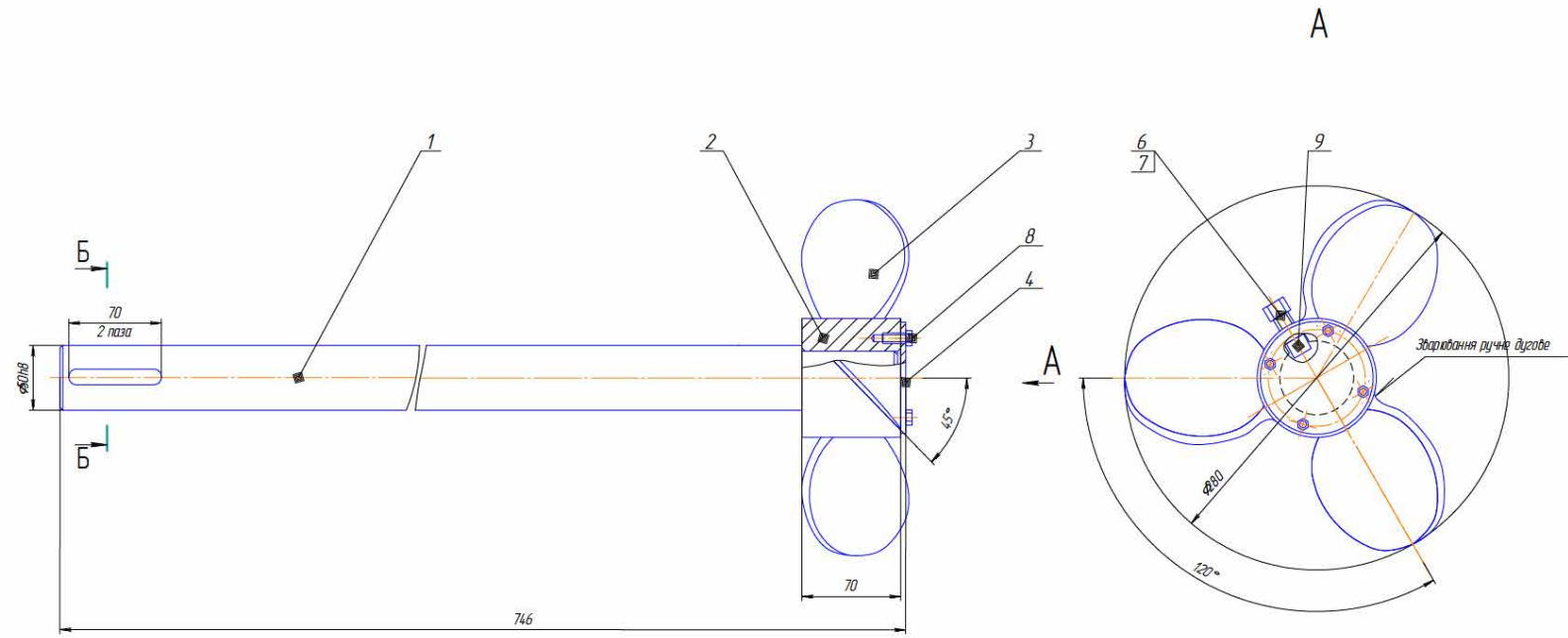


Размери для довідок

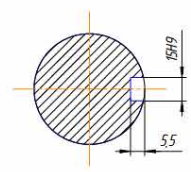
№	Лист	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
Документація					
М		0103 - МР. 2225 "С" 00.00.024 СК	Складальне креслення		
Деталі					
А	1	0103 - МР. 2225 "С" 00.00.024 СК	Кришка	1	
Інші вироби					
5	CP20230		Корпус розливаюча	12	
6	DK-13		Відцентровий розливаюч	12	
7	CP20229-NU		Підкладка щільнича	12	
8	45N-NU		Фільтр	12	
9	84.00-1/2'-4.06-NYB		Нитель шланговий 1/2"	12	
10			Затискач	12	1/2"
11			Шланг армований	12	1/2" вн

0103 - МР. 2225 "С" 00.00.024 СК					
Лист	Листів	№ докум.	Листів	Датум	Листів
47	125				
Кришка реактора Складальне креслення					Листів 1
НУБП України					Формат А1

XJ 0000010.0.6.50.9.0.10002.02



Б-Б(1:1)



*Розміри для довідок

№	Поз.	Позначення	Найменування	Кил.	Прим.
Документація					
А1		0103 - МР. 2225 "С" 00.01.024 СК	Складальне креслення		
Деталі					
ВЗ	1	0103 - МР. 2225 "С" 00.01.001.024	Вал	1	
М	2	0103 - МР. 2225 "С" 00.01.002.024	Маточина	1	
М	3	0103 - МР. 2225 "С" 00.01.003.024	Лопать	3	
М	4	0103 - МР. 2225 "С" 00.01.004.024	Шайба	1	
Стандартні вироби					
	6		Гвізди М 1201019		
	7		ГОСТ 18123-82	1	
			Гайка М12-5016		
	8		ГОСТ 5915-70	1	
			Болт М8х20 4.8, 016		
	9		ГОСТ 17798-70	4	
			Шпонка 15х10х70		
			ГОСТ 23360-78	2	

0103 - МР. 2225 "С" 00.01.024 СК					
Арх.	М. Зварко	Лек.	Вело	Лист	Маса
Складальний	Зварко				15,85
Кресляр	Шолох			Контурний	1:2
Н. кваліфікація	Ерменко			НБУП України	
Зам.					

