

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет

УДК 331.4:662.767.2

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко-технологічного факультету
Братішко В.В.
« » 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри охорони праці та біотехнічних систем у тваринництві
В.С. Хмельовський

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: “Обґрунтування технологічного процесу і параметрів реактора при виробництві біодизельного палива з розробленням заходів охорони праці”

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»
Освітня програма – Агроінженерія
Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи
професор
Поліщук В.М.

Виконав
Грофимчук С.В.

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри охорони праці та
біотехнічних систем у тваринництві

В.С. Хмельовський

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Трофимчуку Сергію Васильовичу

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Освітня програма – Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської роботи “Обґрунтування технологічного процесу і параметрів реактора при виробництві біодизельного палива з розробленням заходів охорони праці”

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "01" лютого 2021 р. за № 189 "С".

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 15.11.2021 року.

Вихідні дані до магістерської роботи:

- потреба в дизельному паливі ПСП “Червоний маяк” Корюківського р-ну Чернігівської обл.;
- площа посівів та врожайність олійних культур в ПСП “Червоний маяк” Корюківського р-ну Чернігівської обл.;
- фізико-механічні властивості біодизеля.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- здійснити огляд технологій та технічних засобів для виробництва біодизеля;

– провести розрахунок потреб ПСП "Червоний Маяк" в дизельному біопаливі, на основі наведених методик здійснити визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в господарстві;

– провести експериментальне визначення впливу частоти обертання мішалки на кількісний вихід метилового ефіру;

– визначити виробничі небезпеки, що існують на біодизельних виробництвах, та розробити способи їх уникнення; розробити технічний регламент безпеки виробництва біодизеля та здійснити розрахунок освітленості цеху з виробництва дизельного біопалива в ПСП "Червоний маяк";

– здійснити техніко-економічне обґрунтування проекту.

Дата видачі завдання 10.02.2021 р.

Керівник магістерської роботи _____ Поліщук В.М.

Завдання прийняв до виконання _____ Трофимчук С.В.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

Завдання до виконання магістерської роботи 2

Зміст 4

Реферат 7

Вступ 8

Розділ 1. Аналіз технологій і технічних засобів виробництва дизельного біопалива. 10

1.1. Біопалива для дизельних 10

двигунів.

1.2. Технології отримання сировини для виготовлення біодизеля 11

1.3. Технології виробництва біодизеля 13

зеля.

1.4. Технічні засоби отримання метилового ефіру при метанолізі із гомогеним каталізатором. 13

Висновки до розділу 1. 15

Розділ 2. Визначення конструкційно-технологічних параметрів біодизельного реактора в ПСП "Червоний Маяк" Корюківського р-ну Чернігівської обл." 16

2.1. Визначення потреби ПСП "Червоний Маяк" в дизельному біопаливі. 16

2.2. Методики визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк” 17

2.2.1. Методика визначення конструкційних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”.....	17
2.2.2. Методика визначення товщини стінки циліндричної обичайки реактора з виробництва дизельного біопалива.....	19
2.2.3. Методика встановлення товщини стінки конічної частини днища реактора з виробництва біодизеля.....	21
2.2.4. Методика визначення конструкційних параметрів знімної кришки біодизельного реактора.....	22
2.2.5. Методика визначення елементів водяної сорочки біодизельного реактора.....	23
..	
2.2.6. Методика визначення конструкційних параметрів стрічкової мішалки.....	23
2.2.7. Методика встановлення технологічних параметрів стрічкової мішалки.....	23
2.3. Визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”.....	25
2.3.1. Визначення конструкційних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”.....	25
2.3.2. Визначення товщини стінки циліндричної обичайки реактора з виробництва дизельного біопалива.....	29
2.3.3. Визначення товщини стінки конічної частини днища біодизельного реактора.....	31
2.3.4. Визначення конструкційних параметрів знімної кришки біодизельного реактора.....	31

ного	реак-
тора	
2.3.5. Розрахунок елементів боєної сорочки.....	32

2.3.6. Вибір типу мішалки для біодизельного реак-	33
---	----

тора	
2.3.7. Встановлення конструкційних параметрів стрічкової мішалки біодизельного реак-	33
тора.....	

2.3.8. Визначення технологічних параметрів стрічкової мішалки біодизель-	
--	--

ного	реак-
тора	
2.3.9. Вибір приводу міша-	36

лки.....	
----------	--

Висновки	до	розділу	38
2.....			

Розділ 3. Експериментальні дослідження впливу частоти обертання мішалки на кількісний вихід метилового ефіру.....	40
---	----

3.1. Методика виробництва дизельного біопалива в лабораторних умовах...	40
3.2. Методика дослідження впливу частоти обертання валу механічної мішалки на кількість отриманого метилового ефіру.....	40

3.3. Методика видалення метилового спирту з метилового ефіру шляхом дистиля-	42
--	----

ції.....	
3.4. Методика встановлення температури спалаху дизельного біопалива.....	43

3.5. Результати експериментальних до-	44
сліджень.....	

Висновки	до	розділу	46
3.....			
Розділ	4.	Охорона	47

праці		
4.1. Аналіз виробничих небезпек при виробництві дизельного біопалива.....		47
4.2. Розробка технічного регламенту безпеки виробництва біодизеля.....		47

4.3. Розрахунок освітленості цеху з виробництва дизельного біопалива в

ПСП		Червоний	55
маяк".			
Висновки	до	розділу	56
4.....			

Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування проєкту

кту			
Висновки	до	розділу	62
5.....			
Висно-			63

вки.....

Список	використаних	джерел	65
рел.			
Дода-			70
тки.....			

Додаток А. Результати експериментальних досліджень

Додаток	Б.	Крес-	72
лєння			

НУБІП України

НУБІП України

До магістерської роботи належить розрахунково-пояснювальна записка на 78 сторінках формату А4 та презентація на 17 слайдах. У пояснювальні записці наведено 50 формул, 15 рисунків, 7 таблиць, і використано 40 літературних джерел.

У вступі вказується на необхідність пошуку альтернативних джерел енергії для заміни нафтового палива для дизельних двигунів.

В першому розділі здійснений огляд технологій та технічних засобів для виробництва біодизеля.

У другому розділі проведений розрахунок потреб ПСП "Червоний Маяк" Корюківського р-ну Чернігівської обл. в дизельному біопаливі, наведені методики та здійснене визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”

У третьому розділі проведене експериментальне визначення впливу частоти обертання мішалки на кількісний вихід метилового ефіру.

У четвертому розділі визначені виробничі небезпеки, що існують на біодизельних виробництвах, розроблені способи їх уникнення. Розроблений технічний регламент безпеки виробництва біодизеля та здійснений розрахунок освітленості цеху з виробництва дизельного біопалива в ПСП "Червоний маяк".

В п'ятому розділі здійснене техніко-економічне обґрунтування проекту. Встановлено, що термін окупності інвестицій в ПСП „Червоний маяк” буде становити 6,1 років.

У висновках вказані основні результати роботи.

Ключові слова: ЕТЕРИФІКАЦІЯ, МЕТИЛОВИЙ ЕФІР, ГЛІЦЕРИН, БІОДИЗЕЛЬ, РЕАКТОР, МОТОР-РЕДУКТОР, ДНИЩЕ, КРИШКА, ОБИЧАЙКА, МІШАЛКА, СОБІВАРТІСТЬ

Енергетична проблема, що стоїть перед людством, по праву вважається однією з найважливіших проблем. Інтенсивні витрати природних паливних і енергетичних ресурсів ведуть до виснаження запасів корисних копалин, що закономірно призводить до зростання їх вартості. Разом з тим виробництво атомної енергії несе загрозу можливості техногенних катастроф. Впевненість в використанні керованого термоядерного процесу не виправдалась до сих пір. Очевидно, що перед світом гостро стоїть проблема вибору: чи нераціональне використання уже досить обмежених енергетичних ресурсів Землі, що може призвести до природних та соціальних катаклізмів, чи відшукувати інші, альтернативні джерела отримання енергії. Вже зараз досить інтенсивно застосовуються джерела енергії, що можуть відновлюватись, наприклад, енергія сонця, вітру, геотермальна енергія землі, енергія припливів, хвиль, біомаси. Країни ЄС та США сподіваються на інтенсивний розвиток альтернативних джерел енергії. В цих країнах планується до 2040 року 40% необхідної енергії отримати із нетрадиційних джерел. Втілення цих планів зможе вирішити і одну надзвичайно важливу проблему – проблему збереження екології [21].

Тому тема магістерської роботи актуальна.

Мета магістерської роботи – підвищення ефективності господарювання в ПСП „Червоний маяк” Чернігівської обл. шляхом обґрунтування технології та вибору обладнання для виробництва біодизеля із розробленням заходів з охорони праці.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- здійснити аналіз технічних засобів та технологій виробництва біодизеля;
- обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри реактора для отримання біодизеля в ПСП „Червоний маяк” Чернігівської обл.;
- провести експериментальні дослідження впливу частоти обертання мішалки на кількісний вихід метилового ефіру;
- оцінити виробничі небезпеки при під час роботи біодизельного реактора та

встановити способи їх уникнення;

– встановити техніко-економічну ефективність роботи.

Об'єкт досліджень – технології та обладнання для виробництва біодизеля.

Предмет досліджень – обґрунтування технології та вибір обладнання для виробництва біодизеля з розробленням заходів з охорони праці.

Очікувані результати магістерської роботи:

– здійснений аналіз технічних засобів та технологій виробництва біодизеля;
– обґрунтовані конструкційно-технологічні параметри реактора для отримання біодизеля в ПСП „Червоний маяк” Чернігівської обл.;

– проведені експериментальні дослідження впливу частоти обертання мішалки на кількісний вихід метилового ефіру;

– оцінені виробничі небезпеки при під час роботи біодизельного реактора та встановлені способи їх уникнення;

– встановлена техніко-економічна ефективність роботи.

В основі магістерської роботи лежать такі методи наукових досліджень:

– аналіз та синтез структури процесу виготовлення біодизеля в реакторі;

– математичне моделювання об'єкта досліджень;

– аналізування системи “олія-біодизельний реактор-дизельне біопаливо”.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

1.1. Біопалива для дизельних двигунів

Перспективним напрямком заміни дизельного палива, що отримується з нафти, може стати біодизельне паливо, перелік якого включає диметиловий ефір, рослинну олію та біодизель. В наш час використовуються і суміші палив, в цих сумішах нафтове дизельне паливо змішується з рослинною олією, біодизелем чи спиртовим паливом в різних співвідношеннях.

Найбільш пристосованим для використання в дизельних двигунах альтернативним видом палива, отриманим з біосировини, вважається біодизель (метиловий ефір). Воно переважає нафтове дизельне паливо в тому, що володіє хорошими змащувальними властивостями (при тому, що, видаливши з нього сірчані з'єднання, нафтове дизельне паливо втрачає змащувальні властивості, при тому, що біодизель, хоча і має незначну кількість сірчанних сполук, характеризується значними змащувальними якостями, при цьому збільшується міжремонтний період його експлуатації на 50%). Незначна кількість сірчанних сполук в біодизелі спричиняє менший вміст її окислів у вихлопах (0,001% , тоді як в нафтовому дизельному паливі їх 0,05%). Величина викидів шкідливих речовин і твердих включень під час роботи біодизельного двигуна менша на 20-25%, на 10-12% менше викидів чадного газу в порівнянні з викидами роботи двигуна на нафтовому дизелі. В ньому не міститься канцерогенний бензол, а викиди механізмів, які на ньому працюють, пахнуть смаженим насінням. Вміст вуглекислого газу в вихлопах від згорання біодизеля стільки ж, скільки спожили із довкілля ті рослини, з яких отримали олію. Біодизель характеризується високим цетановим числом – 51, це значно покращує процес запуску двигуна. У нього досить висока температура спалаху (більше 110°C), це сприяє відносній безпечності його використання [22].

Але треба зазначити, що характерні для біодизельного двигуна підвищення тиску при впорскуванні до 25% і збільшення температури в системі живлення, може мати негативний вплив на роботу насосів і надійність електронних систем

керування, та викликати утворення більшої кількості нагару на поверхні форсунок. При низьких показниках температури в'язкість біодизеля росте, в цих умовах з'являються кристали воску, що здатні закупорити фільтри і бензопроводи двигуна, а це в свою чергу призводить до недостатньої стійкості його до роботи при низьких температурах. Неочищений від слідів метанолу біодизель має агресивні якості щодо ущільнюючих матеріалів, виконаних з гуми, лаків, фарб та алюмінію. За величиною теплоти згорання біодизель поступається дизпаливу всього на 10% (37,4 МДж/кг для біодизеля і 42,6 МДж/кг для дизпалива). Отже, зниження потужності двигуна на біодизелі проти мінерального дизеля – на 7%, а величина витрат збільшується на 5-8%.

Біодизель – це суміш складних ефірів жирних кислот. Виробляється він із сировини, до складу якої входять жири (рослинного або тваринного походження). Додаючи до цих жирів спирти (метиловий, етиловий або ізопропіловий) в результаті ряду хімічних перетворень і в присутності речовини-каталізатора тригліцериди жирних кислот перетворюються на гліцерин і ряд складних ефірів, які і називаються біодизелем. Реакції алкохолізу відбуваються лише за умови присутності каталізатора і нагрівання суміші до температури 40-80°C (відповідно до традиційної технології виробництва). Каталізаторами зазвичай виступають луги або кислоти. Після відділення утвореного гліцерину біодизель очищається від речовини-каталізатора і залишків спиртів, які для ефективнішого проходження процесу алкохолізу додаються з надлишком. Лише після очистки отриманий біодизель може бути використаний як паливо в дизельних двигунах [21].

1.2. Технології отримання сировини для виготовлення біодизеля

Основною сировиною для виробництва біодизеля є жири (свіжа і відрацьована рослинна олія, жири із водоростей). Рослинну олію теперішнього часу отримують двома способами: пресовим та екстракційним.

Пресовий спосіб отримання олії відбувається шляхом механічного стиснення сировини, що має в своєму складі олію, в пресах. Під час цього процесу олійна

сировина віддає олію та перетворюється на твердий залишок, у складі якого спресована м'якоть насіння, який зветься макухою. Якщо процес видавлювання олії з олійної сировини відбувається за кімнатної температури, в макусі залишається значна частина ліпідів. З цієї причини для кращого відділення олії сировина підігривається, тому що виявлена пряма залежність між значенням температури протікання процесу пресування і виходом олії. Але ж збільшувати температуру сировини безкінечно не можна, адже це призводить до підвищення кислотності олії, до її складу потрапляють речовини, які можуть значно погіршувати її якість. Оскільки білки, що входять до складу насіння, підлягають денатурації, це значно погіршує якість макухи. Механічне пресування насіння, що містить олію, в залежності від температури проходження процесу поділяють на холодне пресування та гаряче. Процес холодного пресування відбувається за температури олійної сировини 75-105°C і значенні вологості 5-12 %. Таким способом виробляється олія найвищого гатунку, але в складі макухи залишається 11-18 % ліпідів. Під час гарячого пресування значення температури сировини, що містить олію, перевищує 105°C, показник вологості – до 4%, але залишок олії в твердому залишку дорівнює 4-6 %. Пресування в більшості випадків проводять двома етапами. Перший етап – холодне видавлювання, другий – гаряче. Перший етап має назву попереднього пресування. Цей процес проходить в конструкціях, які називаються форпресами. Після попереднього отримання олії відбувається остаточне пресування олійного матеріалу за допомогою процесу екстракції або віджимання олії шнековими пресами – експелерами.

Процес отримання олії екстракційним способом базується на властивості ліпідів розчинятися органічними розчинниками (бензином, нефрасом, пропаном, гексаном, бензолом, дихлоретаном, трихлоретиленом, етанолом, фреоном тощо). Оліймісна сировина подрібнюється, змішується із розчинником, який розчиняє ліпиди. Утворена суміш летючого розчинника і не летючої речовини називається місцелою. Потім місцела підігривається, в результаті чого розчинник випаровується а чиста олія та тверда рослинна маса (шрот) залишається. Після закінчення процесу екстракції в залишку залишається 1-2 % жирів. Олія, отримана в результаті екстра-

кції, зазвичай, забруднена домішками, оскільки розчинник крім жирів забирає також токсичні домішки, які необхідно потім видалити додатково [37].

1.3. Технології виробництва біодизеля

Біодизель утворюється у результаті процесу алкоголізу жирів тваринного чи рослинного походження спиртом (метиловим, етиловим або іншим). Найчастіше реакцію алкоголізу проводять з використанням метанолу, така реакція називається реакцією метанолізу. Отримується продукт, який називають метиловим ефіром жирних кислот (МЕЖК). Він і вважається заміником дизельного палива нафтового походження і отримав назву біодизель.

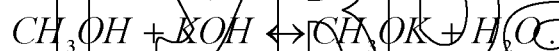
Процес алкоголізу проходить дуже повільно. Для його стимуляції застосовують речовини, які називаються каталізаторами. Вони бувають кислотними або лужними. Залежно від природи і характеру каталізатора, існують такі способи виробництва метилового ефіру жирних кислот (МЕЖК): метаноліз з використанням гомогенного каталізатора; метаноліз з використанням гетерогенного каталізатора; метаноліз без використання каталізатора [22].

1.4. Технічні засоби отримання метилового ефіру при метанолізі

із гомогенним каталізатором

Гомогенний каталіз – це процес, за умовами якого каталізатор перебуває в одній фазі з іншими реагентами. Цій умові відповідає процес, для проходження якого в ролі каталізаторів використовуються матилати натрію та калію [21]:

метанол гідроксид метилат вода
калію калію



Апарат, в якому здійснюється перетворення олій у біодизель, називається біореактором. Від повноти і якості проходження реакції алкоголізу залежить робота всієї технологічної лінії з іншими апаратами, які повинні забезпечувати очищення отриманого в результаті реакції біодизеля. Якість та швидкість проходження процесу метанолізу по технології з застосуванням гомогенного каталізатора залежить

від якості та ефективності процесу перемішування субстрату, а не можна здійснювати і механічним перемішуванням, і перемішуванням за рахунок ефекту кавітації. Теперішнього часу для отримання біодизеля з застосуванням гетерогенного каталізатора використовують реактори з механічною та кавітаційною дією. Існують кавітаційні біореактори з гідродинамічними, струменевими, ультразвуковими акустичними способами створення кавітації (рис. 1.1).

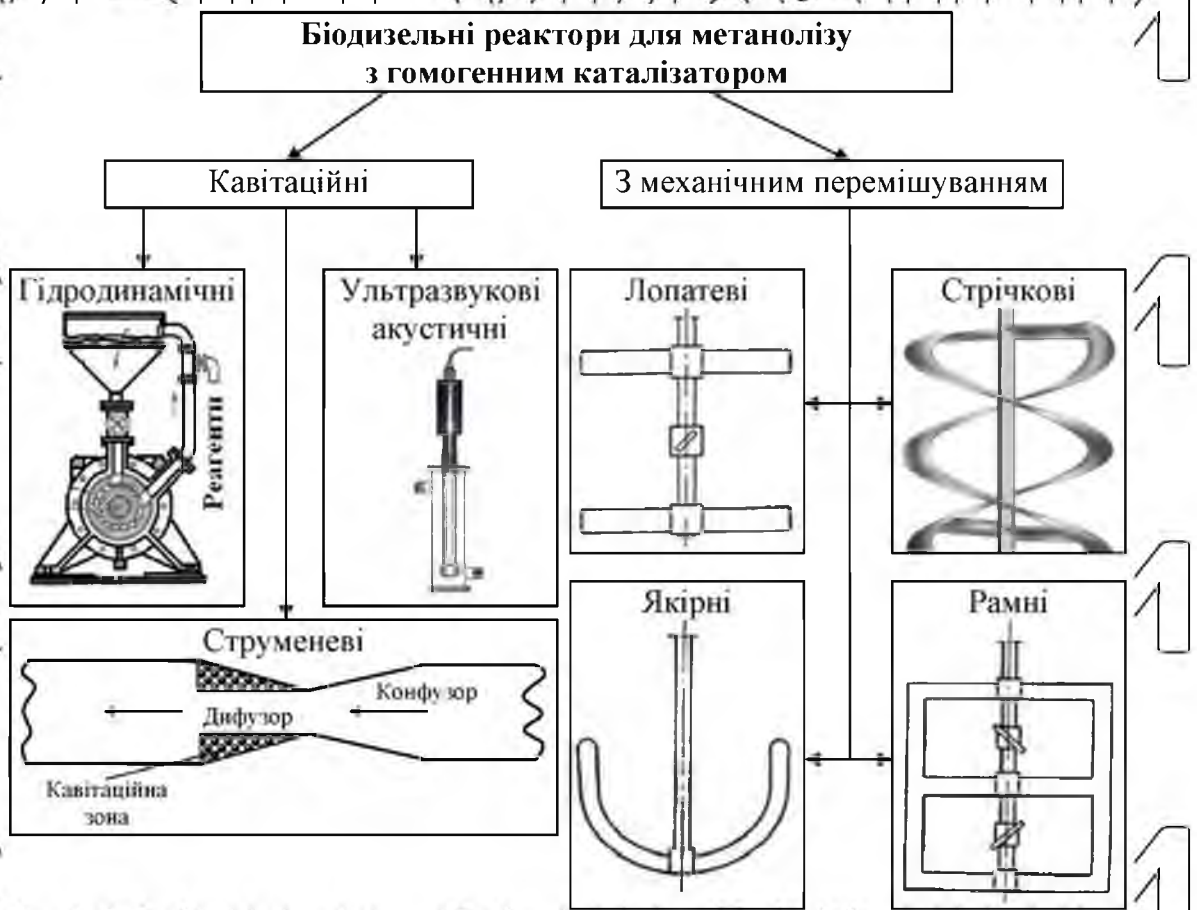


Рис. 1.1. Класифікація реакторів з отримання біодизеля шляхом проходження процесу метаноліза з застосуванням гомогенного каталізатора [22]

Головною перевагою кавітаційних реакторів вважається їх висока продуктивність. Але при високій продуктивності, страждає якість отриманого продукту, оскільки часу, на протязі якого проходить змішування субстрату та проходить процес метанолізу, не завжди вистачає на отримання якісного результату. Інший тип біореактора для стримання біодизеля – реактор, оснащений механічним перемішувачем реагентів, він має вигляд циліндричної ємності, висота якої в 2-2,5 рази більша його діаметра. Виготовляється вона зазвичай з нержавіючої

стаді. З метою підтримання встановленої технологією температури ємність оснащується теплообмінником по типу "змійовик" або водяною сорочкою. Крім того ємність комплектується арматурою та трубопроводами для транспортування продуктів переробки та подачі реагентів. Для перемішування субстрату застосовується механічна мішалка різноманітної форми (у формі якоря, стрічки, рамна, лопатева тощо). Значення продуктивності реактора, обладнаного механічною мішалкою, менша продуктивності кавітаційного реактора, але, якщо врахувати якісніше перемішування, отримується біодизель, якість якого задовольняє вимоги сучасних стандартів [22].

Висновки до розділу 1

1. Реальною альтернативою нафтовому дизельному паливу є біодизель, який виготовляється по технології з гомогенним каталізатором, з гетерогенним каталізатором, і без каталізатора.
2. Технологія виробництва біодизеля з гомогенним каталізатором є найпростішою і найдешевшою. За цією технологією біодизель виготовляють в реакторах, які поділяються на кавітаційні і з механічним перемішуванням.

РОЗДІЛ 2.

ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІОДИЗЕЛЬНОГО РЕАКТОРА В ПСП "ЧЕРВОНИЙ МАЯК" КОРЮКІВСЬКОГО Р-НУ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛ."

2.1. Визначення потреби ПСП "Червоний Маяк" в дизельному біопаливі

ПСП „Червоний маяк” створено 31 січня 2001 року в результаті реорганізації сільськогосподарського кооперативу „Червоний маяк”. ПСП „Червоний маяк” розташованого в Чернігівській області, смт Холми Корюківського району. Його засновник Самойленко ВІ.

Смт Холми міститься на правому березі ріки Убедь, за 30 км від райцентру та залізничної станції, на віддалі 130 км від обласного центру. Через центр селища пролягає автодорога Чернігів-Семенівка. Населення селища – 3000 чоловік. Найближча станція залізниці розташована в м. Семенівка на віддалі 60 км.

До земель ПСП належать землі, придбані (одержані) ПСП у власність, змілі одержані для постійного користування, та орендовані в осіб, які мають право здавати цю землю в оренду.

Аналізуючи земельні угіддя за останні п’ять років, можна помітити, що в обсязі земельних угідь ПСП “Червоний маяк” 95% займають сільгоспугіддя, а решту – інші угіддя, очевидно, що підприємство займається вирощуванням виключно сільськогосподарських рослин. Площа земельних угідь ПСП “Червоний маяк” становить 2062 га, серед них сільськогосподарські угіддя – 1961 га, в цьому обсязі ріллі – 1200 га. Інші угіддя - 103 га.

На посівах площ в ПСП “Червоний маяк” вирощуються: жито – 53%, гречка – 9%, овес – 5%, олійні культури – 8%, картопля – 12%, кормові культури – 12% [39].

З джерела [8; 36], величина витрат палива на вирощування ріпаку озимого - 100 л/га, картоплі - 350 л/га, жита озимого - 85 л/га, гречки - 78 л/га, кормової люцерни - 96 л/га, овса - 283 л/га.

Отже, сільськогосподарські культури потребують дизельного палива, яке витрачає господарство, щорічно:

- жито: $1200 \cdot 0,53 \cdot 85 = 53500$ л;
- гречка: $1200 \cdot 0,07 \cdot 78 = 6700$ л;
- овес: $1200 \cdot 0,07 \cdot 283 = 23800$ л;
- озимий ріпак: $1200 \cdot 0,08 \cdot 100 = 8400$ л;
- картопля: $1200 \cdot 0,12 \cdot 350 = 50600$ л;
- люцерна: $1200 \cdot 0,14 \cdot 96 = 16300$ л.

Всього на польові роботи ПСП „Червоний маяк” щорічно витрачається:

$53500 + 6700 + 23800 + 8400 + 50600 + 16300 = 160000$ л дизельного палива.

2.2. Методики визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”

2.2.1 Методика визначення конструкційних параметрів реактора з виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”

Схематичне зображення біодизельного реактора типу б наведено на рис. 2.1.

Значення довжини стінки реактора в конічній частині розраховується по формулі:

$$l_{кч} = \frac{D_0}{2 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}, \quad (2.1)$$

де $l_{кч}$ – довжина стінки конічної частини біодизельного реактора, м; D_0 – діаметр біодизельного реактора, м; β – кут при вершині конуса біодизельного реактора, град.

Значення висоти конічної частини біореактора розраховуємо по формулі:

$$h_0 = l_{кч} \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right), \quad (2.2)$$

де h_0 – висота конічної частини біодизельного реактора, м.

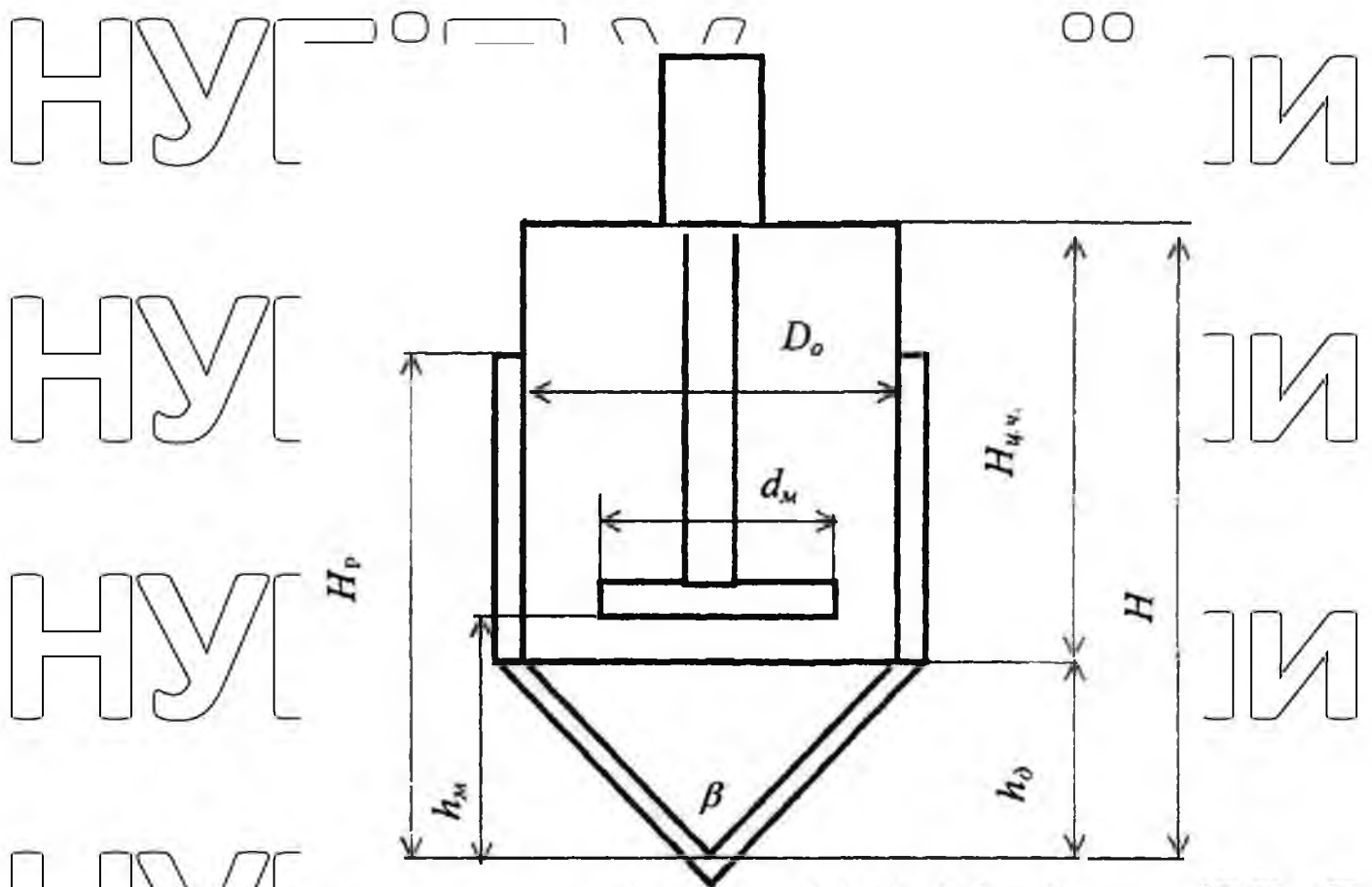


Рис 2.1. Схематичне зображення біодизельного реактора типу б

Значення висоти циліндричної частини біореактора визначається як:

$$H_{ц.ч.} = H - h_0, \quad (2.3)$$

де $H_{ц.ч.}$ – висота циліндричної частини біодизельного реактора, м. H – висота біодизельного реактора, м.

Внутрішній об'єм біореактора в конічній його частині розраховуємо по формулі:

мулі:

$$V_{кч} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_0 \cdot \left(\frac{D_0}{2}\right)^2, \quad (2.4)$$

де $V_{кч}$ – внутрішній об'єм конічної частини біодизельного реактора, м³.

Внутрішній об'єм біореактора в циліндричній його частині розраховуємо по

формулі:

$$V_{ц.ч.} = \pi \cdot H_{ц.ч.} \cdot \left(\frac{D_0}{2}\right)^2, \quad (2.5)$$

де $V_{цч}$ – внутрішній об'єм циліндричної частини біодизельного реактора, m^3 ; $H_{цч}$ – висота циліндричної частини біодизельного реактора, м.

Перевірка правильності визначення загального об'єму біодизельного реактора проводиться за формулою:

$$V = V_{кчч} + V_{цч}, \quad (2.6)$$

де V – внутрішній об'єм біодизельного реактора, m^3 .

Значення об'єму, який займає біодизель в біодизельному реакторі, розраховуємо по формулі:

$$V_0 = V \cdot \varphi, \quad (2.7)$$

де V_0 – об'єм, що займає біодизель в біодизельному реакторі, m^3 ; φ – коефіцієнт заповнення біодизельного реактора.

Значення об'єму, який займає біодизельне паливо в циліндричній частині біореактора, розраховуємо по формулі:

$$V_{0-цч} = V_0 - V_{кчч}, \quad (2.8)$$

де $V_{0-цч}$ – внутрішній об'єм циліндричної частини біодизельного реактора, m^3 .

Висота дизельного біопалива в циліндричній частині біодизельного реактора розраховується по формулі:

$$H_{0цч} = \frac{V_{0-цч}}{\pi \left(\frac{D_0}{2} \right)^2}, \quad (2.9)$$

де $H_{0цч}$ – висота дизельного біопалива в циліндричній частині біодизельного реактора, м.

Значення висоти наповнення реактора біодизелем розраховується по формулі:

$$H_0 = H_{0цч} + h_0. \quad (2.10)$$

2.2.2. Методика визначення товщини стінки циліндричної обичайки реактора з виробництва дизельного біопалива

Визначення товщини стінки біодизельного реактора здійснюється за виразом

[19]:

$$m = \frac{P_{вн} \cdot D_0}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] + P_{вн}} + c_k, \quad (2.11)$$

де m – товщина стінки біодизельного реактора, м; $P_{вн}$ – величини внутрішнього тиску в реакторі, Па; φ – значення коефіцієнту зварного шва; $[\sigma]$ – значення розрахункового допустимого напруження, Па; c_k – величина надбавки для компенсації корозії, м.

Внутрішній тиск в біодизельному реакторі $P_{вн}$ визначається за формулою [19]:

$$P_{вн} = P_{над} + \rho_b \cdot g \cdot H_0, \quad (2.12)$$

де $P_{над}$ – величина робочого надлишкового тиску в біореакторі, Па. g – значення прискорення вільного падіння, м/с²; ρ_b – показник щільності субстрату, кг/м³; H_0 – висота субстрату в реакторі, м.

Розрахункове допустиме напруження в біодизельному реакторі $[\sigma]$ встановлюється за формулою [19]:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \cdot \varphi, \quad (2.13)$$

де η – значення поправочного коефіцієнта, враховуючого вибухо- і пожежобезпеку субстрату в біореакторі; σ^* – величина допустимого нормативного напруження, Па; φ – значення коефіцієнта зварного шва.

Для сталі значення допустимого нормативного напруження σ^* розраховується по формулі [29]:

$$\sigma^* = \frac{\sigma_{0,2t}}{1,5}, \quad (2.14)$$

де $\sigma_{0,2t}$ – показник границі текучості, Па.

Величина надбавки для компенсації корозії c_k розраховується по формулі:

$$c_k = \frac{\Pi \cdot T_o}{1000}, \quad (2.15)$$

де Π – швидкість протікання корозії, мм/рік; T_o – час використання біореактора, років.

2.2.3. Методика встановлення товщини стінки конічної частини днища реактора з виробництва біодизеля

Величина товщини стінки в конічній частині днища реактора (рис. 2.2), кут якого при вершині $\alpha < 140^\circ$, визначається наступним способом.

Визначається величина товщини стінки циліндричної частини днища біодизельного реактора за формулою [19]:

$$m = \frac{P_{\text{вн}} \cdot D_0 \cdot Y}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma]} + c_k, \quad (2.16)$$

де Y – значення коефіцієнта форми днища (знаходиться в залежності від кута вершини конуса $\alpha = \beta/2$ і відношення величини внутрішнього радіуса відбортовки R_e до розміру діаметра днища D_0). При значенні $D_0 = 800-1500$ мм, $R_e = 160$ мм, а при $D_0 = 1600-3000$ мм – $R_e = 200$ мм.

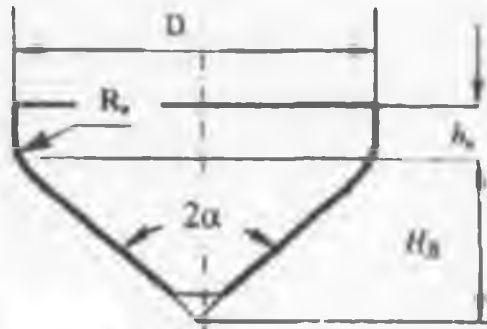


Рис. 2.2 Біореактор з днищем конічної форми [19]

Визначається величина товщини стінки конічної частини днища біодизельного реактор за формулою [19]:

$$m = \frac{P_{\text{вн}} \cdot D_p \cdot 1}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot \cos \alpha} + c_{к2}, \quad (2.17)$$

$$\text{де } D_p = D_0 - 2 \left[R_e \cdot (1 - \cos \alpha) + \sqrt{\frac{D_0 \cdot m}{\cos \alpha}} \cdot \sin \alpha \right]. \quad (2.18)$$

2.2.4. Методика визначення конструкційних параметрів знімної кришки біодизельного реактора

Знімні кришки кріпляться до біореактора фланцями.

Розраховуючи параметри плоскої кришки, необхідно визначити її товщину в середній частині s_1 і в місці прилягання до ємності s_2 (рис. 2.3).

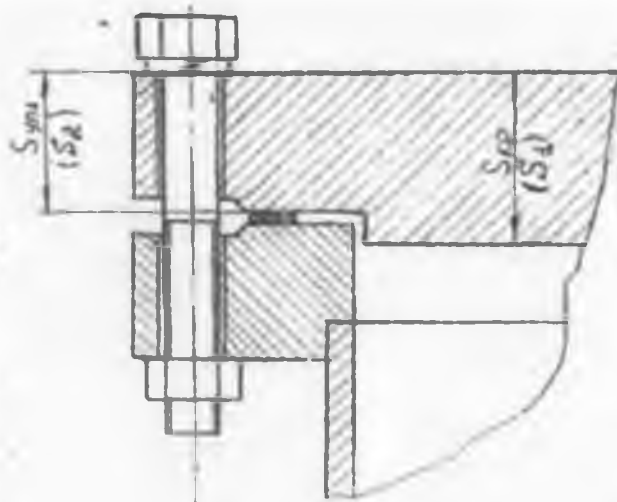


Рис. 2.3. Кришка біореактора плоскої форми [19]

Товщина кришки плоскої форми в середній частині біодизельного реактора розраховується за формулою [19]:

$$s = K \cdot D_0 \cdot \sqrt{\frac{p_{np}}{[\sigma]} + c_s} \quad (2.19)$$

де K – значення коефіцієнта ($K=0,5$); p_{np} – величина тиску, який передається на кришку реактора від електропривода, Па.

Величина дії тиску, з яким електропривод діє на кришку біодизельного реактора p_{np} , розраховується по формулі:

$$p_{np} = \frac{M \cdot g}{S} = \frac{M \cdot g}{\pi \cdot D_0^2} \quad (2.20)$$

де S – величина площі кришки біореактора, м²; M – вага електричного приводу, кг.

2.2.5. Методика визначення елементів водяної сорочки біодизельного реактора

Значення товщини стінки циліндричної частини сорочки біореактора розраховується по формулі (2.11), днища конічної форми – по формулам (2.16) і (2.17). В якості тиску для розрахунків $P_{вн}$ обираємо тиск в водяній сорочці. Для ємностей з величиною внутрішнього діаметра $D_0 < 1800$ мм величина діаметра водяної сорочки обирається більшою від внутрішнього діаметра ємності на 100 мм. Для ємностей з величиною внутрішнього діаметра $D_0 > 1800$ мм величина діаметра водяної сорочки обирається більшою від внутрішнього діаметра ємності на 200 мм [19].

2.2.6. Методика визначення конструкційних параметрів стрічкової мішалки

Визначаючи конструктивні характеристики мішалок стрічкового типу, необхідно використовувати такі співвідношення [23]:

- висота мішалки:

$$H_M = (1,3)D_0; \quad (2.21)$$

- діаметр мішалки:

$$d_M = (0,77-0,96)D_0; \quad (2.22)$$

- ширина лопаті мішалки:

$$b = 0,1d_M; \quad (2.23)$$

- шаг мішалки:

$$t = d_M; \quad (2.24)$$

- відстань від мішалки до дна біодизельного реактора:

$$h_M = (0,01-0,06)d_M. \quad (2.25)$$

2.2.7. Методика встановлення технологічних параметрів стрічкової мішалки

Для розрахунку технологічних показників перемішуючого пристрою необхідно визначити режим (турбулентний, перехідний чи ламинарний) в якому вона пра-

цтоватиме. Для цього необхідно розрахувати значення величини відцентрового коефіцієнту Рейнольдса $Re_{ВЦ}$. В умовах, коли $Re_{ВЦ} > 80$ відбувається турбулентний режим перемішування сировини в реакторі [34].

Показник відцентрового критерію Рейнольда $Re_{ВЦ}$ розраховується по формулі [34]:

$$Re_{від} = \frac{n \cdot d_M^2 \cdot \rho_c}{\mu_c} \quad (2.26)$$

де $Re_{ВЦ}$ – значення відцентрового критерію Рейнольдса; μ_c – значення динамічного коефіцієнта в'язкості сировини, Па·с; d_M – величина діаметра перемішуючого пристрою в м; ρ_c – показник щільності сировини, кг/м³; n – швидкість обертання перемішуючого пристрою, с⁻¹.

У відповідності з технологічними вимогами, швидкість обертання перемішуючого пристрою в реакторі обираємо біля 120 об/хв., це 3,01 об./с.

Окружна швидкість мішалки визначається за формулою [34]:

$$\omega = n \cdot \pi \cdot d_M \quad (2.27)$$

Значення щільності ρ_c та коефіцієнта в'язкості сировини μ_c отримуємо з формули [23]:

$$\rho_c = \rho_\phi \cdot \phi + \rho_p \cdot (1 - \phi), \quad (2.28)$$

де ρ_p – значення щільності основної сировини (олії), кг/м³; ρ_ϕ – значення щільності дисперсної фази (калію метилату), кг/м³; ϕ – об'ємна складова дисперсної фази,

$$\mu_c = \mu_\phi \cdot \phi + \mu_p \cdot (1 - \phi), \quad (2.29)$$

де μ_p – значення щільності основної сировини (олії), кг/м³; μ_ϕ – значення щільності дисперсної фази (калію метилату), кг/м³; ϕ – об'ємна складова дисперсної фази.

Об'ємна складова дисперсної фази ϕ розраховується по формулі

$$\phi = \frac{V_\phi}{V_0}, \quad (2.30)$$

де V_ϕ – об'ємна складова дисперсної фази (лимонна кислота), м³; V_0 – величина об'єму суміші біодизеля та лимонної кислоти в біореакторі, м³.

Потужність, що затрачається на перемішування при турбулентному режимі

розраховується по формулі:

$$N_M = K_N \cdot \psi \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d_M^6, \quad (2.31)$$

де N_M – значення розрахункової потужності, яка використовується перемішуючим пристроєм на перемішування, Вт; K_N – значення критерію потужності; ψ – значення поправочного коефіцієнту, який характеризує геометричні розміри мішалки і ємності.

Значення поправочного коефіцієнту ψ для мішалок стрічкової конструкції розраховуємо по формулі [23]:

$$\psi = \psi_\alpha \cdot \psi_H \cdot \psi_M, \quad (2.32)$$

де ψ_H – значення поправочного коефіцієнту, що враховує вплив висоти стовпа сировини в ємності на потужність, що іде на перемішування; ψ_M – значення поправочного коефіцієнту, що характеризує вплив місцевих опорів у ємності (крім відбиваючих перегородок) на величину потужності при перемішуванні.

Величина потужності електричного двигуна для привода в дію мішалки в реакторі для виробництва біодизеля розраховується по формулі:

$$N = \frac{N_M}{\eta_d \cdot \eta_p}, \quad (2.33)$$

де N – величина загальної потужності електричного привода, Вт; η_d – ККД електричного двигуна; η_p – ККД редуктора.

2.3. Визначення конструкційно-технологічних параметрів реактора з

виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”

2.3.1. Визначення конструкційних параметрів реактора з

виробництва дизельного біопалива в ПСП „Червоний маяк”

Біодизель, що виробляється в Україні, відповідає ДСТУ 6081:2009: "Метилеві ефіри олій, жирних кислот та жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги" [11].

Вміст до 30% біодизеля до нафтового дизельного палива не потребує переробки

конструкції дизельного двигуна. Фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики суміші палив не відрізняються значно від нормативів на дизельне паливо [38].

Отже, для отримання 36% суміші дизельного біопалива необхідно:
 $160000 \cdot 0,8 = 48000$ л біологічного дизеля.

Потрібно враховувати, що теплота згорання біодизеля на 10% поступається нафтовому дизпаливу (37,2 МДж/кг в дизельного біопалива проти 42,5 МДж/кг в нафтового дизпалива), отже витрата пального збільшується приблизно на 8% [17]. Тому використання біодизеля замість нафтового дизельного палива вимагає збільшення

його витрати на 8%, очевидно, що на рік потрібно отримати

$48000 + (48000 \cdot 0,08) = 51840$ л. Отже для цього потрібно задіяти

$51840 \cdot 51840 \cdot 0,1 = 57024$ л рослинних жирів, для отримання цієї кількості продукту

потрібно переробити $51840 \cdot 100 / 30 = 190080$ кг ріпакового насіння, яке за врожайно-

сті 25 ц/га займатиме 6,5% орних земель господарства або $1900 / 25 = 76$ га посівної

площі.

Час проведення польових робіт на протязі року дорівнює близько 9 місяців.

Отже щомісяця потрібно отримувати $51740 / 9 = 5760$ л біологічного дизеля. За п'яти-

денний робочий тиждень (20 робочих днів у місяць) величина потужності біодизель-

ної установки за добу у ПП „Червоний маяк” має дорівнювати $5760 / 20 = 288$ л.

Знаючи, що закінчений цикл отримання біодизеля з урахуванням процесу його очи-

щення в реакторі з механічною мішалкою продовжується біля 6 год, а робоча зміна

триває 7 год, очевидно, що на протязі робочої зміни потрібно отримувати 288 л біо-

логічного дизеля. Як відомо, вихід біодизеля дорівнює 90%, за коефіцієнту запов-

нення біореактора $\phi = 0,85$ обсяг реактора з виробництва біодизеля в ПСП „Червоний

маяк” дорівнюватиме:

$$\frac{288}{0,9 \cdot 0,85} = 380 \text{ л.}$$

Реактори з отримання біодизеля входять до групи хімічних реакторів, які у

відповідності з матеріалами виготовлення корпусу поділяються на: вкриті емаллю,

виготовлені за ГОСТ 20680-2002 [6]; ГОСТ 24600-97 [33], і не вкриті емаллю (за ГОСТ

2068-86 [5]. Вартість вкритих емаллю біореакторів багатократно перевищує вартість реакторів не емальованих, тому для лінії з отримання біодизеля обираємо реактор ВКП, неемальований, 6 типу з конічною формою днища, кут вершини конуса у якого 90° , що має плоску окрему від ємності кришку, та гладку водяну рубашку за ГОСТ 2068-86 [5].

Відповідно до [5], найближчим до розрахункового стандартним реактором з відповідним об'ємом і типом є 400-літровий, величина внутрішнього діаметру корпусу біореактора дорівнює $D_0=800$ мм, його висота – 1,06 м.

Розраховуємо решту геометричних розмірів реактора.

Довжина стінки конічної частини реактора біодизельного реактора за формулою (2.1) становить:

$$l_{кч} = \frac{0,8}{2 \cdot \sin\left(\frac{90^\circ}{2}\right)} = 0,566 \text{ м.}$$

Висота конічної частини біодизельного реактора за виразом (2.2) становить:

$$h_o = 0,566 \cdot \cos\left(\frac{90^\circ}{2}\right) = 0,4 \text{ м.}$$

Висота циліндричної частини біодизельного реактора за виразом (2.3) становить:

$$H_{цч} = 1,06 - 0,4 = 0,66 \text{ м.}$$

Внутрішній об'єм конічної частини біодизельного реактора за формулою (2.4) становить:

$$V_{кч} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{0,8}{2}\right)^2 = 0,067 \text{ м}^3 = 67 \text{ л.}$$

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

$$V_{цч} = \pi \cdot 0,66 \cdot \left(\frac{0,8}{2}\right)^2 = 0,331 \text{ м}^3 = 331 \text{ л.}$$

Перевірка за формулою (2.6) підтверджує правильність розрахунку загального об'єму біодизельного реактора:

$V = 0,067 + 0,331 \approx 0,4 \text{ м}^3 \approx 400 \text{ л.}$
 Об'єм, що займає дизельне біопаливо в біодизельному реакторі, за формулою (2.7) становить:

$$V_0 = 0,4 \cdot 0,85 = 0,34 \text{ м}^3 = 340 \text{ л.}$$

Об'єм, що займає дизельне біопаливо в циліндричній частині біодизельного реактора, за формулою (2.8) становить:

$$V_{0_{\text{ци}}} = 0,34 - 0,067 = 0,273 \text{ м}^3 = 273 \text{ л.}$$

Висота дизельного біопалива в циліндричній частині біодизельного реактора за виразом (2.9) становить:

$$H_{0_{\text{ци}}} = \frac{0,273}{\pi \cdot \left(\frac{0,8}{2}\right)^2} = 0,543 \text{ м.}$$

Висота дизельного біопалива в біодизельному реакторі за виразом (2.10) становить:

$$H_0 = 0,543 + 0,4 = 0,944 \text{ м.}$$

Геометричні характеристики біореактора для отримання біодизеля в ПСП „Червоний маяк” наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Геометричні характеристики біореактора для отримання біодизеля в ПСП „Червоний маяк”

Параметр	Значення
1	2
Продуктивність, л/добу	288
Внутрішній об'єм реактора V , м^3	0,4
Діаметр реактора D_0 , м	0,8
Висота реактора H , м	1,06
Кут при вершині конуса реактора β , град	90
Об'єм конічної частини реактора $V_{\text{км}}$, м^3	0,067

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Об'єм, що займає біодизель в реакторі $V_0, \text{м}^3$	0,34
Довжина стінки конічної частини реактора $l_{кч}, \text{м}$	0,566
Висота циліндричної частини реактора $H_{цч}, \text{м}$	0,66
Висота конічної частини реактора $h_0, \text{м}$	0,4
Висота біодизеля в реакторі $H_0, \text{м}$	0,944

2.3.2. Визначення товщини стінки циліндричної обичайки реактора з виробництва дизельного біопалива

Метал, обраний для виготовлення складових вузлів та деталей апарата, повинен гарантувати надійність апарату і всіх складових під час роботи і економічність при виготовленні.

Вибираючи матеріал враховують робочу температуру і тиск в ємності, корозійну активність реагентів в середовищі субстрату. Приймаючи до уваги агресивність таких реагентів в субстраті під час процесу отримання біодизеля як метанол та гідроксид калію, із [31] обираємо матеріал для виготовлення ємності біореактора – аустенітну сталь класу 10X17H13M2T, яку застосовують для зварних конструкцій, працюючих в середовищі з підвищеною агресивністю, що призначені для значних термінів експлуатації.

Величина робочого тиску в ємності біодизельного реактора рівна атмосферному, величина якого 101325 Па або 760 мм рт. ст. Висота субстрату в реакторі становить $H_0 = 0,944$ м.

Тому внутрішній тиск в біодизельному реакторі $P_{вн}$ за формулою (2.12) становить:

$$P_{вн} = 101325 + 880 \cdot 9,81 \cdot 0,944 = 109471 \text{ Па.}$$

Відомо, що резервуар для біодизельного реактора в заводських умовах виготовляється по технології автоматичного зварювання листової сталі двостороннім стиковим швом, значення коефіцієнта зварного шва ϕ дорівнює 1.

Значення поправочного коефіцієнта η в вибухо- і пожежонебезпечних умовах приймають рівним 0,9; (у решті випадків – 1).

Середовище отримання біодизеля відновиться до вибухо- та пожежонебезпечних середовищ, отже значення поправочного коефіцієнту η дорівнює 0,9.

Величини допустимого нормативного напруження σ^* для листової сталі маркою 10X17H13M2T дорівнює 147 МПа [29]

Отже, для листової сталі марки 10X17H13M2T значення розрахункового допустимого напруження $[\sigma]$ по формулі (2.13) дорівнює:

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 147 \cdot 10^6 \cdot 1 = 132,3 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Швидкість проходження процесу корозії легованих аустенітних сталей, до них належить сталь 10X17H13M2T, дорівнює $\Pi = 0,1$ мм/рік [13].

Вважаємо, що період використання реактора з виробництва біодизеля становитиме 20 років. Отже значення поправочного коефіцієнту на компенсацію дії корозії c_k на стінки резервуара реактора, по формулі (2.15) дорівнює:

$$c_k = \frac{0,01 \cdot 20}{1000} = 0,002 \text{ м} = 2 \text{ мм.}$$

Товщина ж стінки резервуара реактора для отримання біодизеля по формулі (2.11), дорівнюватиме:

$$m = \frac{109471 \cdot 0,8}{2 \cdot 1 \cdot 132,3 \cdot 10^6 - 109471} + 0,002 = 0,002331 \text{ м} = 2,331 \text{ мм.}$$

Сталь випускається: тонколистова гарячекатана (відповідно до ГОСТ 19903-74) і холоднокатана (відповідно до ГОСТ 19904-90) низьколегована сталь листовая і в рулонах.

Сталь гарячекатана отримується на прокатних станах. Виготовляються листи завтовшки від 0,40 до 160 мм, товщина рулонної сталі – від 1,2 до 12 мм. Обечайку циліндричної форми для резервуару біодизельного реактора виготовимо з листової рулонної легованої гарячекатаної сталі марки 10X17H13M2T, товщина її – 2,5 мм [27].

2.3.3. Визначення товщини стінки конічної частини днища біодизельного ре-

актора

Відношення величини внутрішнього радіуса ємності до величини діаметра днища $R_v / D_0 = 160 / 800 = 0,2$. Отже із [19] вважаємо, що показник $Y = 3,4$.

Значення товщини стінки для циліндричної частини резервуара по формулі (2.16) становитиме:

$$m = \frac{109471 \cdot 0,8 \cdot 3,4}{4 \cdot 1 \cdot 132,3 \cdot 10^6} + 0,002 = 0,002521 \text{ м} = 2,521 \text{ мм.}$$

По формулі (2.18) вираховуємо, що

$$D_p = 0,8 - 2 \cdot 0,16 \cdot (1 - \cos 45^\circ) + \sqrt{\frac{0,8 - 0,002521}{\cos 45^\circ} \cdot \sin 45^\circ} = 0,631.$$

Тоді значення товщини стінки в конічній частині днища резервуара по формулі (2.17) дорівнює:

$$m = \frac{101326 \cdot 0,631}{2 \cdot 1 \cdot 132,3 \cdot 10^6 - 0,631} \cdot \frac{1}{\cos 45^\circ} + 0,002 = 0,00224 \text{ м} = 2,24 \text{ мм.}$$

Із двох отриманих результатів з формул (2.16) і (2.17) обираємо більше, отже $m = 2,52 \text{ мм}$.

З [27] для виготовлення конічної складової днища резервуара біодизельного реактора обираємо листову гарячекатану леговану рулонну сталь марка якої 10X17H13M2T, товщина – 2,8 мм.

2.3.4. Визначення конструкційних параметрів знімної кришки біодизельного ре-

актора

Допустима маса електричного приводу біореактора дорівнює 150 кг. Отже тиск, створений електроприводом на кришку резервуару p_{np} , по формулі (2.20) дорівнює:

$$p_{np} = \frac{150 \cdot 9,81}{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 4} = 2929 \text{ Па.}$$

Значення товщини плоскої окремої кришки в середній її частині по формулі

(2.19) дорівнює:

$$s = 0,5 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{\frac{2929}{132,3 \cdot 10^6}} + 0,002 = 0,003882 \text{ м} = 3,882 \text{ мм.}$$

Відповідно до [27] для виготовлення кришки резервуара біодизельного реактора обираємо листову леговану рулонну гарячекатану сталь марка якої 10X17H13M2T і товщина 3,9 мм.

2.3.5. Розрахунок елементів водяної сорочки

Величина діаметра водяної сорочки резервуара біодизельного реактора дорівнює $800 + 100 = 900$ мм.

Значення тиску рідини в водяній сорочці рівне атмосферному, величина якого 101325 Па або 760 мм рт. ст. Висоту заповнення рідини в водяній сорочці вибираємо такою, що дорівнює висоті резервуару $H = 1,06$ м.

Тому внутрішній тиск води в водяній сорочці $P_{вн}$ становить:

$$P_{вн} = 101325 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,06 = 119870 \text{ Па.}$$

Приймаючи до уваги те, що водяна сорочка виготовлена на заводі з використанням автоматичного зварювання листової сталі двостороннім стиковим швом, значення коефіцієнта зварного шва ϕ дорівнює 1.

Водяна сорочка буде виготовлена з вуглецевої сталі звичайних характеристик Ст0-Ст6 [32]. Температура рідини в водяній сорочці дорівнюватиме: 40°C – для забезпечення умов проходження реакції алкохолізу; 64°C – для процесу видалення метанолу.

Величина допустимого нормативного напруження σ^* сталі марки Ст2 за даних температур дорівнює 124 МПа, Ст3 – 133 МПа [29].

Вода не входить до переліку до пожежо- та вибухонебезпечних речовин, отже значення поправочного коефіцієнту η дорівнює 1.

Для сталі марки Ст2 значення розрахункового допустимого напруження $[\sigma]$ по формулі (2.13) становитиме:

$$[\sigma] = 1 \cdot 124 \cdot 10^6 \cdot 1 = 124 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Значення швидкості протікання корозії для звичайної вуглецевої сталі приймаємо $\Pi=0,2$ мм/рік [13]. Час експлуатації водяної сорочки відповідає часу експлуатації резервуара – 20 років. Отже, величина надбавки на компенсацію дії корозії ск до товщини стінки водяної сорочки, по формулі (2.15) дорівнює:

$$c_k = \frac{0,02 \cdot 20}{1000} = 0,004 \text{ м} = 4 \text{ мм.}$$

Значення товщини стінки резервуару біореактора для отримання біодизеля по формулі (2.11), дорівнює:

$$m = \frac{119870 \cdot 0,8}{2 \cdot 1 \cdot 124 \cdot 10^6 - 109471} \cdot 119870 + 0,004 = 0,004387 \text{ м} = 4,387 \text{ мм.}$$

У відповідності з [27] для виготовлення водяної сорочки реактора виробництва біодизеля обираємо рулонну листову гарячекатану вуглецеву сталь із звичайними якісними характеристиками марки Ст2 товщина якої 4,5 мм.

2.3.6. Вибір типу мішалки для біодизельного реактора

Перемішування обов'язкове для протікання в реакторі технологічного процесу. Процес отримання біодизеля за технологією потребує швидкості обертів мішалки не більше 100-150 об/хв. Тому мішалки з швидкохідними параметрами для процесу отримання біодизеля використовувати не раціонально.

Для рослинної олії як основного реагента в процесі виробництва біодизеля характерна порівняно висока в'язкість, тому доцільно для її перемішування використовувати стрічкову мішалку.

2.3.7. Встановлення конструкційних параметрів стрічкової мішалки біодизельного реактора

Для стрічкової мішалки характерні такі конструктивні характеристики:

- діаметр мішалки за формулою (2.21):

НУБІП УКРАЇНИ

$$d_m = 0,94 \cdot D = 0,94 \cdot 0,8 = 0,75 \text{ м};$$

- значення висоти мішалки за формулою (2.22):

$$H_m = 1,17 \cdot D = 1,17 \cdot 0,8 = 0,94 \text{ м};$$

- значення ширини лопаті мішалки за формулою (2.23):

$$b = 0,1 \cdot d_m = 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ м};$$

- відстань від нижнього краю мішалки до дна резервуара біодизельного реактора за формулою (2.24):

$$h_m = 0,06 \cdot d_m = 0,06 \cdot 0,75 = 0,045 \text{ м}.$$

Шаг мішалки t за формулою (2.25) становить 0,75 м.

Обираємо стрічкову мішалку [2] із наступними стандартними параметрами (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Конструкційні розміри механічної мішалки стрічкової конструкції для біодизельного реактора ПП "Червоний Маяк"

$d_m = D$	d_{6s}	d_s	d_{1s}	b_s	h_s	Допустимий крут- ний момент, кН·м	Маса, кг, не більше
мм	мм	мм	мм	мм	мм		
760	60	70	30	76	70	1,4	40

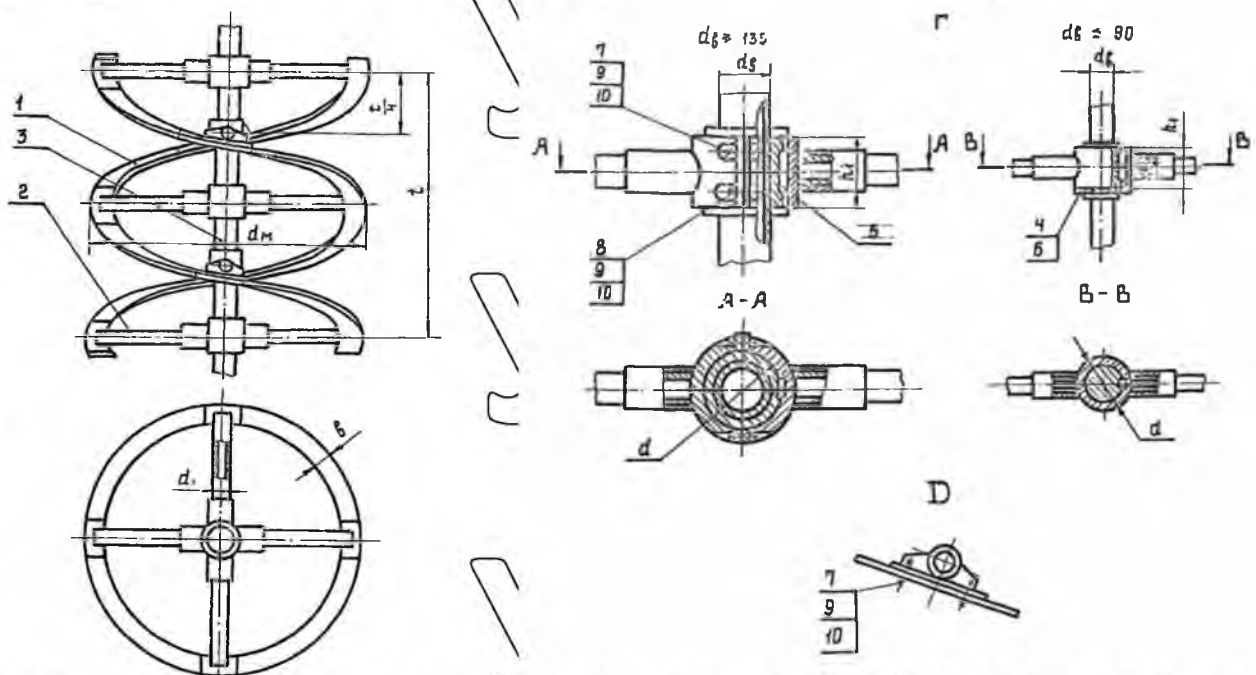


Рис. 2.4. Конструкція стрічкової мішалки типу 11 [2]: 1 – стрічкова лопать; 2 – траверса; 3 – вертикальний вал; 4 – вкладне кільце (із двох частин); 5 – шпонка (ГОСТ 23360); 6 – болт (ГОСТ 7798); 7 – болт (ГОСТ 7818); 8 – болт (ГОСТ 7796); 9 – шайба (ГОСТ 2524); 10 – шайба стопорна (ГОСТ 13463)

Враховуючи те, що днище резервуара реактора виконане у формі конуса, а форма стандартної стрічкової мішалки має форму циліндра, форма перемішуючого пристрою для реактора з отримання біодизеля ПП "Червоний Маяк" корегується у відповідності до контура реактора.

2.3.8. Визначення технологічних параметрів стрічкової мішалки біодизельного реактора

У відповідності до технічних вимог, швидкість обертання перемішуючого пристрою в реакторі обираємо на рівні 78 об./хв., або 3,01 об./с.

При цьому окружна швидкість мішалки за формулою (2.27) буде [34]:

$$\omega = n \cdot \pi \cdot d_M = 3,01 \cdot 3,14 \cdot 0,75 = 7,1 \text{ м/с.}$$

Приймаючи до уваги те, що в реакторі рослинна олія займає обсяг 0,289 м³ (85%), а розчин метилату калію – 0,051 м³ (15%), у відповідності до залежності (2.30) об'ємний вміст дисперсної фази ϕ дорівнює:

$$\phi = \frac{0,051}{0,289} = 0,15$$

Враховуючи те, що значення густини олії ріпака дорівнює 900 кг/м³, калію метилату – 792 кг/м³, величина в'язкості олії ріпака – 0,033 Па·с, величина в'язкості метилату калію – 0,00059 Па·с, значення густини суміші ρ_c та показник динамічного коефіцієнту в'язкості суміші реагентів це по формулі (2.28) і (2.29) становитимуть.

$$\rho_c = 792 \cdot 0,15 + 870 \cdot (1 - 0,15) = 884 \text{ кг/м}^3.$$

$$\mu_c = 0,00059 \cdot 0,15 + 0,033 \cdot (1 - 0,15) = 0,018 \text{ Па·с.}$$

Враховуючи це, значення відцентрового критерію Рейнольда Re_{VI} по формулі (2.26) дорівнюватиме:

$$Re_{\text{вдо}} = \frac{3,01 \cdot 0,75^2 \cdot 884}{0,018} = 83279$$

Отже, можемо стверджувати, що в резервуарі реактора для отримання біодизеля присутній стійкий турбулентний рух реагентів.

Значення критерію потужності KN стрічкової мішалки у відповідності з [23] при заченні $Re_{\text{вдо}} = 83279$ дорівнює 0,4.

Значення поправочного коефіцієнту ψ_H , що характеризує дію стовпа реагентів, при умові $H_0 > D$ дорівнює 1 [23].

На величину поправочного коефіцієнту ψ_M , що характеризує дію місцевих опорів на значення потужності на перемішування, в реакторі для опір виробу для вимірювання рівня біодизеля в ємності і дорівнює 1,2 [7].

Отже, по формулі (2.32) значення поправочного коефіцієнту ψ становитиме:

$$\psi = 1 \cdot 1,2 = 1,2$$

Тому величина потужності, що використовується під час процесу етерифікації по формулі (2.31) дорівнює:

$$N_M = 0,4 \cdot 1,2 \cdot 884 \cdot 3,01^3 \cdot 0,75^5 = 2773 \text{ Вт.}$$

Приймаємо зачення ККД електричного двигуна $\eta_d = 0,96$, зачення ККД редуктора – $\eta_p = 0,63$. Отже значення потужності електричного двигуна для привода в дію мішалки в реакторі для виробництва біодизеля по формулі (3.33) становитиме:

$$N = \frac{2773}{0,96} = 2950 \text{ Вт.}$$

2.3.9. Вибір приводу мішалки

Для приводу в дію біодизельного реактора обираємо одноступеневий мотор-редуктор ЗМП-40 планетарного виконання, укомплектований електричним двигуном АИР112М4 потужність якого 3,0 кВт. Спосіб зеднання мотор-редуктора та кришки реактора – фланцевий.

Технологічні, приєднувальні та габаритні параметри мотор-редуктора ЗМП-40 планетарного виконання показані на рис. 2.5 та в табл. 2.3 і 2.4.

Таблиця 2.3

Габаритні і приєднувальні параметри мотор-редукторів ЗМП планетарного виконання з швидкістю обертання вихідного валу 112-280 об/хв, модель – на фланці (в мм) [26]

Позначення	L	B	L3	L4	L5	D	D1	D2	d2	n
ЗМП-40	726	360	6	15	90	210	140	165	16	6

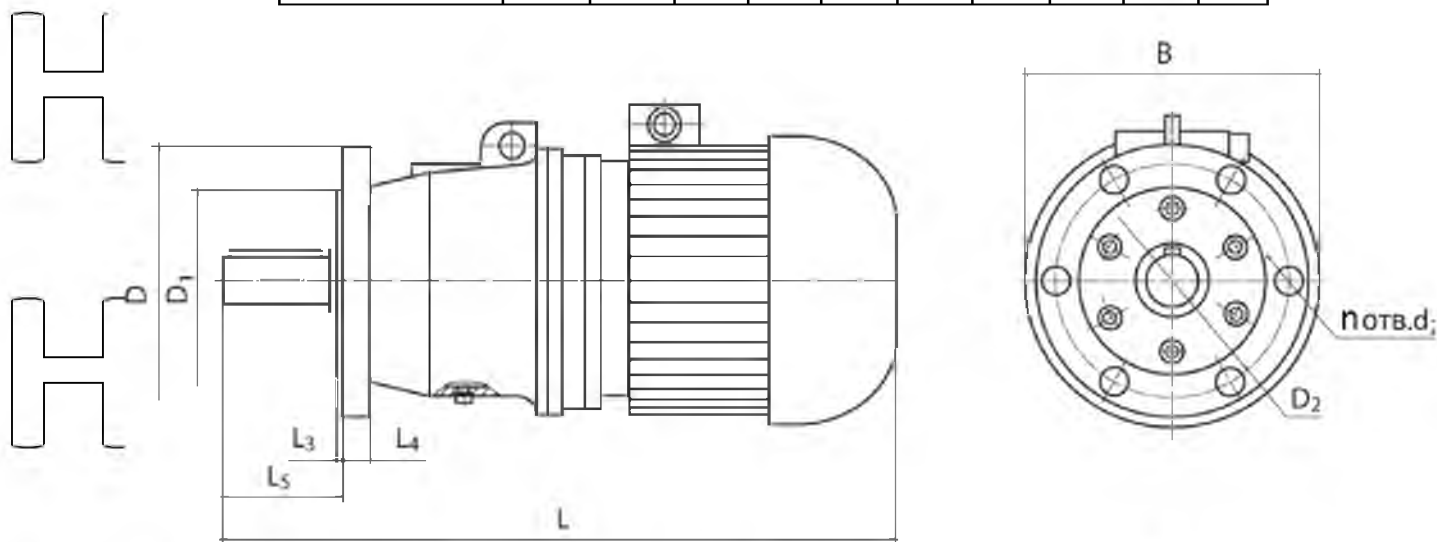


Рис. 2.5. Габаритні та приєднувальні параметри мотор-редукторів ЗМП планетарного виконання [28]

Таблиця 2.4

Технологічні, приєднувальні та габаритні параметри мотор-редуктора ЗМП-40 планетарного виконання [18]

Номінальне значення швидкості обертання вихідного валу n_2 , об/хв	Номінальне значення крутного моменту на вихідному валу M , Н·м	Марка	Електричний двигун		Вага, кг		Значення ККД	
			Значення потужності, кВт	Номінальне значення швидкості обертання вхідного валу n_1 , об/хв	Редуктора	Електродвигуна	Редуктора	Електродвигуна
78	235	АИР112М4	3,0	1500	35	55	98	84,1

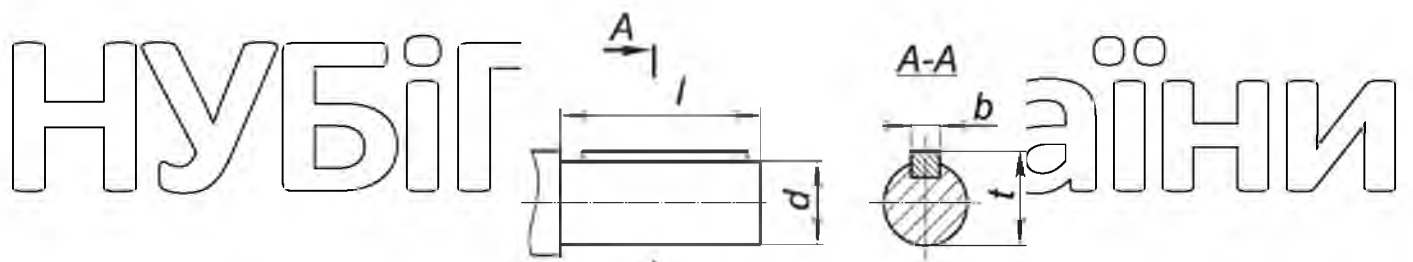


Рис. 3.6. Приєднувальні параметри циліндричних валів мотор-редукторів ЗМП планетарного виконання [26]

Таблиця 2.5

Приєднувальні параметри циліндричних валів мотор-редукторів ЗМП (в мм) планетарного виконання[26]

Мотор-редуктор	d	$d1$	L	$L1$	b	t
ЗМП-40	34	M20×1,5	32	56	5	13,6

Висновки до розділу 2

І. Для виробництва дизельного біопалива в НСМ «Червоний маяк» застосовують реактор з такими конструкційно-технологічними параметрами:

Продуктивність, л/добу	288
Внутрішній об'єм реактора V , м ³	0,4
Діаметр реактора L_0 , м	0,8
Висота реактора H , м	1,06
Кут при вершині конуса реактора β , град	90
Об'єм конічної частини реактора $V_{кч}$, м ³	0,067
Об'єм циліндричної частини реактора $V_{цч}$, м ³	0,331
Об'єм, що займає біодизель в реакторі V_0 , м ³	0,34
Довжина стінки конічної частини реактора $L_{кч}$, м	0,566
Висота циліндричної частини реактора $H_{цч}$, м	0,66
Висота конічної частини реактора h_0 , м	0,4
Висота біодизеля в реакторі H_0 , м	0,944
Товщина стінки конічної частини реактора, мм	2,8

Товщина стінки циліндричної обичайки реактора, мм	2,5
Товщина стінки водяної сорочки, мм	4,5
Товщина знімної кришки реактора, мм	3,9

2. Знімну кришку, конічне днище і циліндричну обичайку реактора виготовляють із аустенітної легованої гарячекатаної сталі марки 10Х17Н3М2Т, стінку водяної сорочки – із гарячекатаної вуглецевої сталі звичайної якості Ст2.

3. При виробництві дизельного біопалива перемішування реагентів здійснюють стрічковою мішалкою з наступними конструкційно-технологічними параметрами:

- висота мішалки – 940 мм;
- діаметр мішалки – 750 мм;
- шаг мішалки – 750 мм;
- ширина лопаті мішалки – 75 мм;
- відстань від мішалки до дна реактора – 45 мм;
- частота обертання мішалки – 78 об/хв;
- діаметр валу мішалки – 60 мм.

4. Для приводу мішалки приймаємо мотор-редуктор планетарний ЗМП-40 з потужністю електродвигуна 3,0 кВт.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ МІШАЛКИ НА КІЛЬКІСНИЙ ВИХІД МЕТИЛОВОГО ЕФІРУ

План проведення експериментальних досліджень передбачає:

1. Естерифікація ріпакової олії при різній частоті обертання механічної мішалки.
2. Відгон метанолу із одержаного метилового ефіру.
3. Визначення температури спалаху отриманого метилового ефіру.

3.1. Методика виробництва дизельного біопалива в лабораторних умовах

Для виробництва дизельного біопалива використовується рослинна олія та лужний каталізатор, що змішуються у скляній ємності, в якій проходить реакція естерифікації. Далі отриману суміш зливають у розподільчу лійку, в якій відбувається її розділення на сирий гліцерин та метиловий ефір. Після розділення суміші сирий гліцерин і метиловий ефір зливаються в окремі ємності. Метиловий ефір звільняють від метанолу методом дистиляції в водяному термостаті, використовуючи скляний холодильник, після чого метиловий ефір промивають підкисленою водою для того, щоб видалити лужний каталізатор у вигляді соапстока. Розділення метилового ефіру і солей проходить в розподільчій лійці. Солі, що випали на дно розподільчої лійки, зливають, а метиловий ефір промивають незначною кількістю води.

3.2. Методика дослідження впливу частоти обертання валу механічної мішалки на кількість отриманого метилового ефіру

Для здійснення досліджень застосовується 200 мл ріпакової олії та суміш 40 мл лужного каталізатора (співвідношення метанолу та КОН – 10:1), які помішають у скляний стакан об'ємом 400 мл (рис. 3/1.).

В витяжній шафі з працюючою витяжкою в скляному стакані проводять перемішування верхньоприводною мішалкою ІКА EUROSTAR digital 2551100 b), яка

дозволяє змінити частоту обертання від 50 с/хв до 2000 с/хв (додаток А.1).



Рис. 3.1. Метилат калію та ріпакова олія



Рис. 3.2. Верхньоприводна мішалка під час перемішування

Отриману суміш для розділення на компоненти переливають у ділільну лійку. Розділення суміші на компоненти відбувається на протязі 30 хв. На рис. 3.3 представлено розділення суміші на фракцію метилового ефіру (легка фракція, зали-

шається зверху) та сирий гліцерин (важка фракція, залишається знизу). Після розділення фракції зливають (рис. 3.4).



Рис. 3.3. Відстоювання суміші після естерифікації у ділячній воронці



Рис. 3.4. Продукти реакції естерифікації (метиловий ефір та сирий гліцерин)

3.3. Методика видалення метилового спирту з метилового ефіру шляхом дистиляції

Для видалення метилового спирту з метилового ефіру потрібне наступне обладнання:

- штатив та колбу для метилового спирту;
- холодильник;
- термостат для підігріву біодизеля до температури 65°C.

В колбу з об'ємом 400 мл заливають дизельне біопаливо, її занурюють у воду, якою заповнюється термостат, і затискають в штативі, в якому також фіксують холодильник, до якого підводиться холодна вода. За температури 65°C починає випаровуватись метанол, пари якого заходять у холодильник, де і деконденсуються. Конденсований метанол стікає в окрему ємність. Процес триває 30 хв. Для ефективного видалення метанолу використовують повітродувку.

3.4. Методика встановлення температури спалаху дизельного біопалива

Температура спалаху дизельного біопалива визначається у приладі для визначення температури спалаху в закритому тиглі ТВЗ-ЛАБ-01.

Прилад ТВЗ-ЛАБ-01 (рис. 3.5) комплектується газовим балоном, мішалкою із магнітним приводом і датчиком визначення температури тигельом.



Рис. 3.5 Прилад для встановлення температури спалаху

Прилад програмують залежно від виду палива, яке досліджується. Діапазон

визначення температури спалаху становить від 90 до 250°C. Прилад автоматично здійснює перевірку палива на спалах із проміжком у 2°C.

Для початку роботи прилад ТВЗ-ЛАБ-01 вмикають в електромережу. Для подачі на пальник приладу скрапленого газу відкривають вентиль на газовому балоні, після чого запалюють скраплений газ та регулюють висоту полум'я. В тигель поміткою наливають біодизель. Тигель поміщають у спеціальний отвір на приладі, закривають кришкою з мішалкою, яка в неї вмонтована. В спеціальний отвір в кришці вставляють датчик температури. Магнітний привод виставляють в робоче положення і з'єднують механічний важіль з кришкою. Для запуску натискають на кнопку «Пуск». Кнопку «Стоп» використовують для фіксації температури спалаху.

3.5. Результати експериментальних досліджень

Внаслідок експериментальних досліджень була отримана залежність виходу біодизеля (метилового ефіру) від частоти обертання валу мішалки. Результати експериментальних досліджень в табличному вигляді наведені в табл. А.1 (додаток А), в графічному вигляді – на рис. 3.6. Експериментальна залежність була апроксимована на персональному комп'ютері в програмі Excel і отримана математична модель виходу біодизеля (метилового ефіру) в залежності від частоти обертання валу мішалки:

$$Y = 5 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 0,02581 \cdot n + 79,938 \quad \text{при } R^2 = 0,989 \quad (3.1)$$

де Y – вихід метилового ефіру, %; n – оберти мішалки, с⁻¹.

Із рис. 3.6 можна визначити, що ріст частоти обертання валу мішалки призводить до зниження виходу метилового ефіру. Тому, при зниженні частоти обертання валу мішалки реакція естерифікації відбувається не повністю і утворюється суміш метилового ефіру з олією, а не чистий метиловий ефір. Відповідно, гліцерину виділяється менше. Це підтверджують якісні показники, які представлені в вигляді функції $T=f(n)$, що наведена в графічному вигляді (рис. 3.7).

$$T = 0,0004 \cdot n^2 + 0,0967 \cdot n + 102,33 \quad \text{при } R^2 = 0,987 \quad (3.2)$$

де T – температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$; n – частота обертів, c^{-1}

На рис. 3.7 видно, при збільшенні частоти обертання валу мішалки температура спалаху зростає і відповідає температурі, яка встановлена стандартом ДСТУ 6081:2009 "Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги".

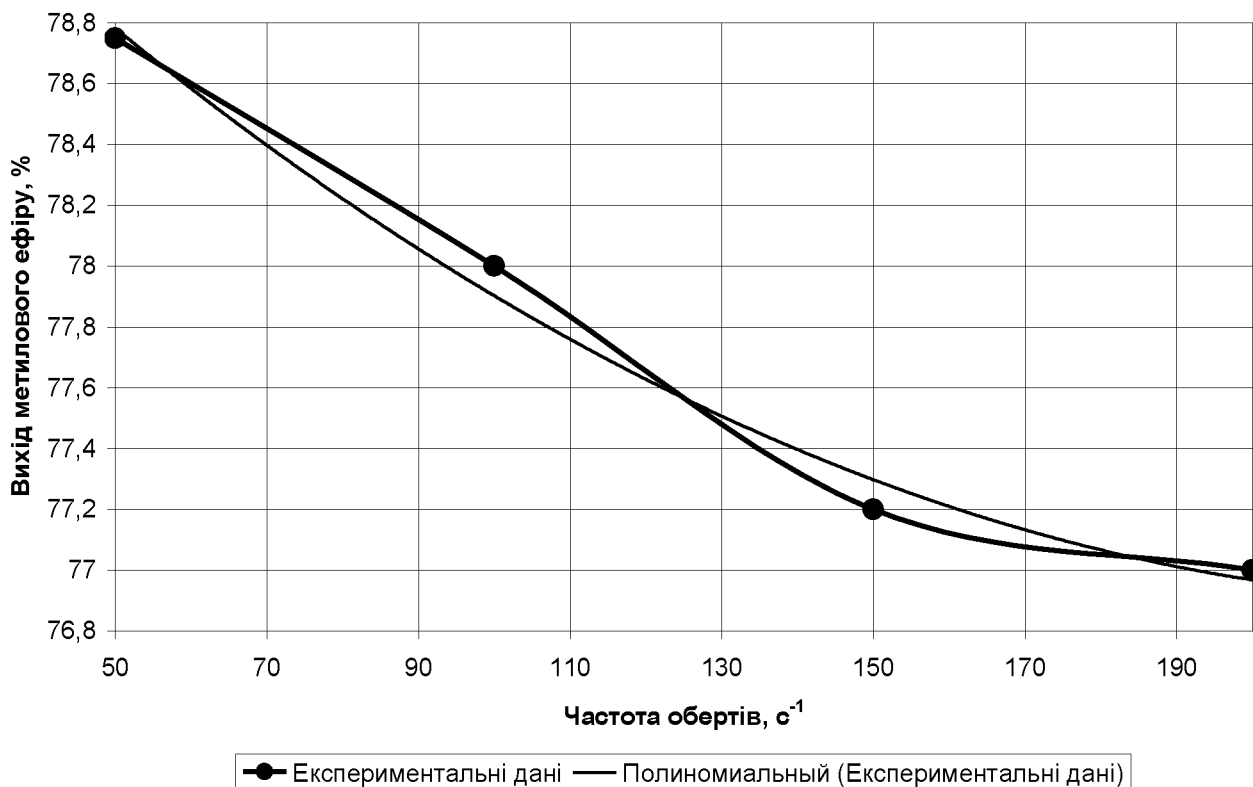


Рис. 3.6. Залежність виходу метилового ефіру від частоти обертання валу мішалки при етерифікації рослинної олії

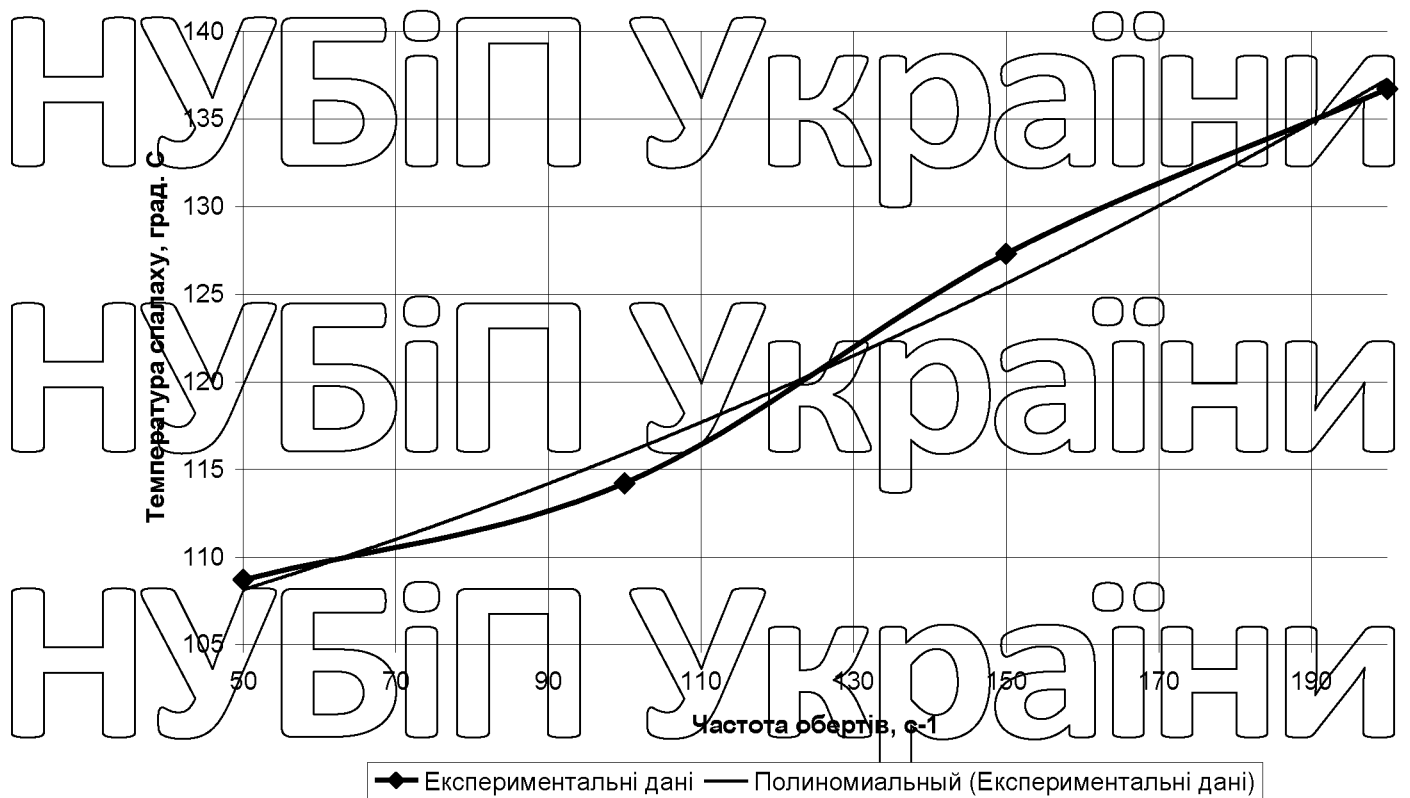


Рис. 3.7. Залежність температури спалаху біодизеля від частоти обертів мішалки

Зробивши накладання двох графіків, отримаємо значення оптимального значення частоти обертання валу мішалки, при якій кількісні і якісні показники відповідають стандартам ДСТУ 4455 або ГОСТ 6356 (для температури спалаху) та ДСТУ 6081:2009 (для виходу метилового ефіру).

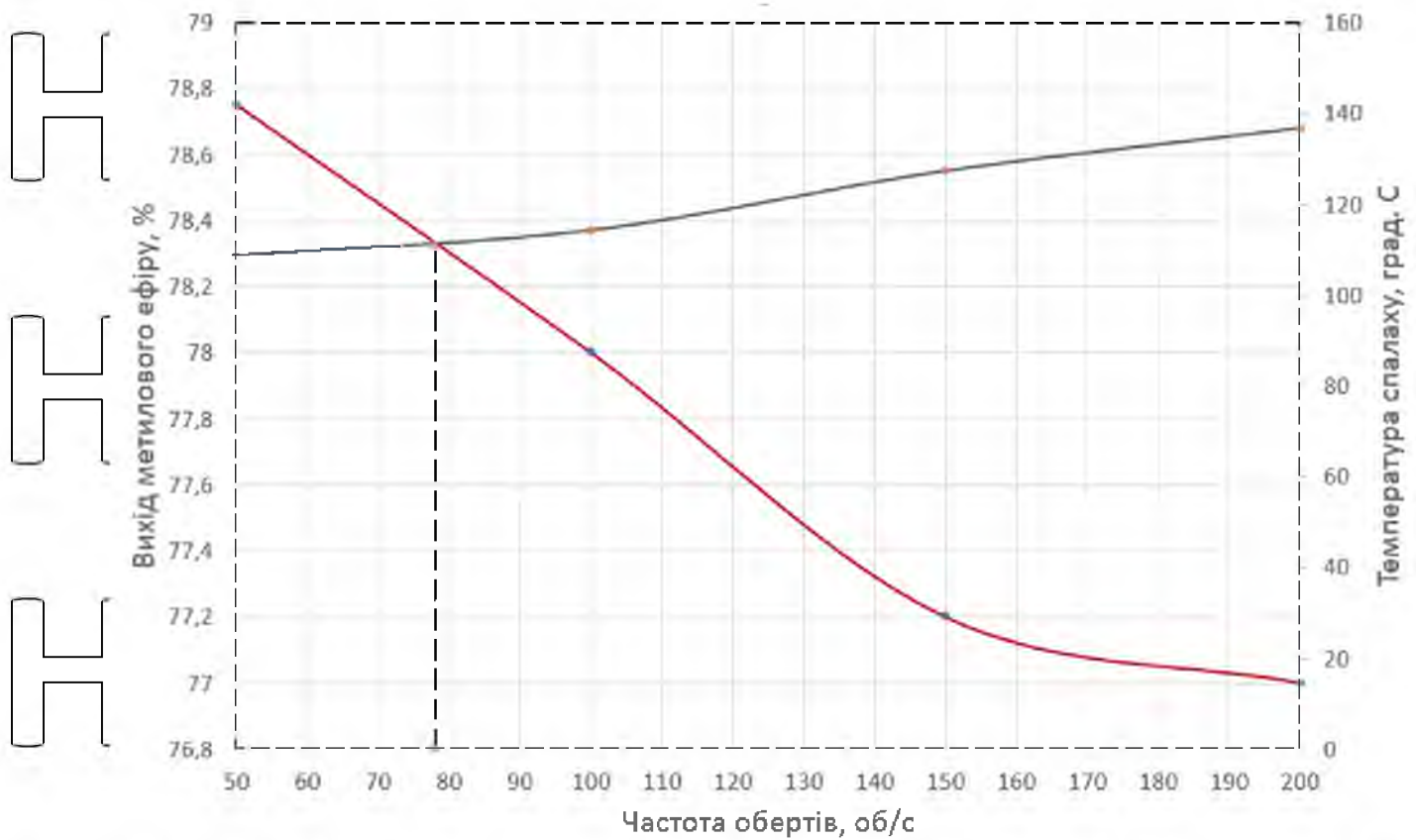


Рис. 3.8. Залежність температури спалаху та виходу метилового ефіру від частоти обертів мішалки

З рис. 3.8 визначена частота обертання валу мішалки, яка становить 78 об./хв., при якій якісні і кількісні показники відповідають стандартам ДСТУ 4455 або ГОСТ 6356 (для температури спалаху) та ДСТУ 6081:2009 (для виходу метилового ефіру).

Висновок до розділу 3

Оптимальна частота обертів механічної мішалки при виробництві біодизеля становить 78 об./хв.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз виробничих небезпек при виробництві дизельного біопалива

При виробництві працівник може зіштовхнутись із наступними виробничими небезпеками:

- метанол відносять до легкозаймистих рідин, яка може викликати появу пожежі;
- при вдиханні парів метанолу можливість отруєння ним;
- опіки гідроксидом калію при потраплянні його в очі;
- можливість потрапляння частин тіла працівника в рухомі частини приводу мішалки.
- можливість враження працівника електричним струмом.

Аналіз виробничих небезпек при виробництві дизельного біопалива та ймовірні заходи із недопущення небезпечних ситуації представлений на рис. 4.1.

4.2. Розробка технічного регламенту безпеки виробництва біодизеля

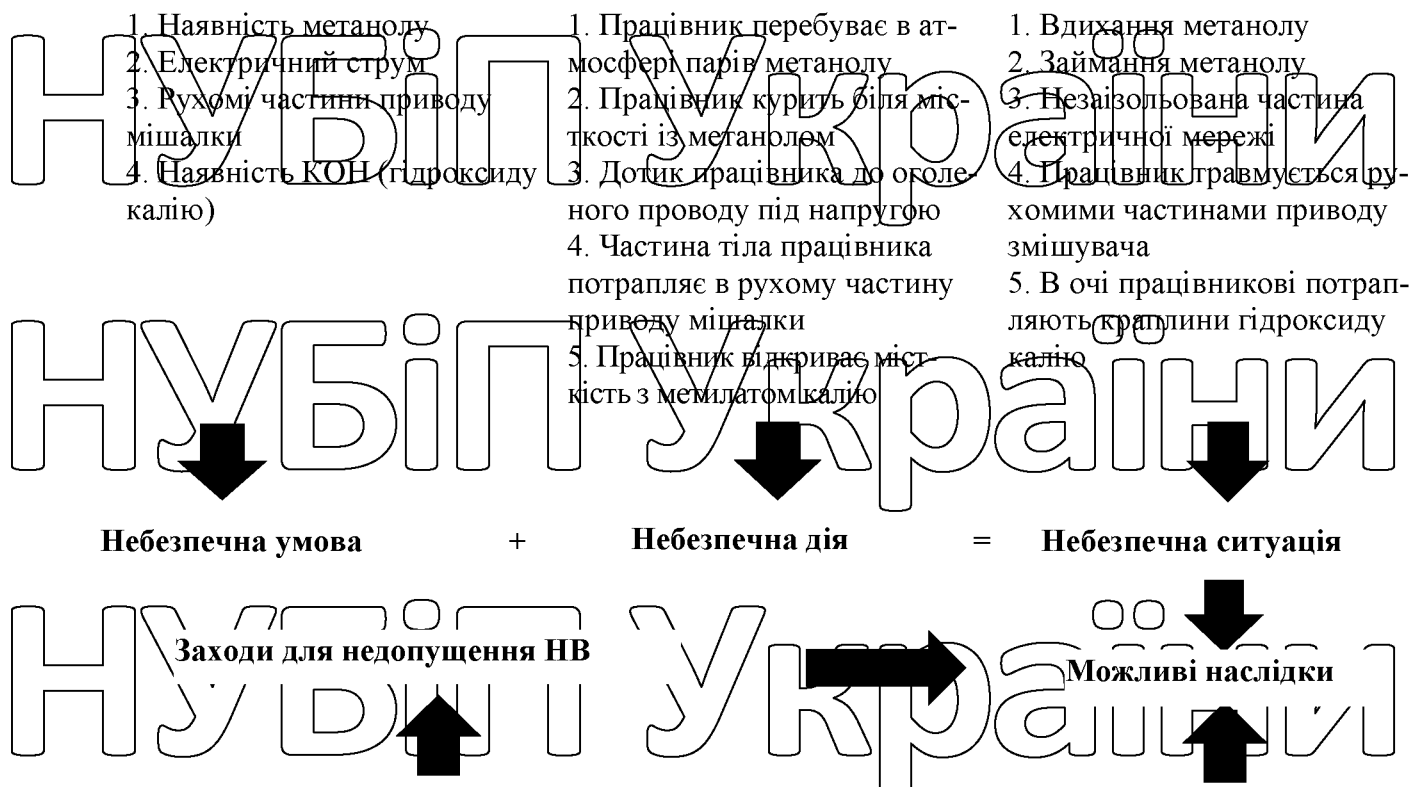
1. Загальні положення

1.1. Біодизель не відноситься до небезпечних рідин, це хімічно не активна речовина, не має токсичних та канцерогенних властивостей, не створює пожежної небезпеки під час транспортування.

1.2. Після отримання біодизеля залишаються побічні продукти: мильний осад, гліцерин, шлами з очисних споруд.

1.3. Безпека процесу виробництва біодизеля визначається наступними чинниками:

- визначення технологій та режимів виробництва на всіх стадіях (етапах) проходження процесу отримання кінцевого продукту;
- контроль роботи технологічного обладнання;
- контроль умов зберігання сировини для біодизельного виробництва;
- контроль виконання вимог з безпеки праці;
- контроль виконання вимог пожежної безпеки.



1. Наявність метанолу
2. Електричний струм
3. Рухомі частини приводу мішалки
4. Наявність КОН (гідроксиду калію)

1. Працівник перебуває в атмосфері парів метанолу
2. Працівник курить біля місткості із метанолом
3. Дотик працівника до оголеного проводу під напругою
4. Частина тіла працівника потрапляє в рухому частину приводу мішалки
5. Працівник відкриває місткість з метилатом калію

1. Вдихання метанолу
2. Займання метанолу
3. Незаізольована частина електричної мережі
4. Працівник травмується рухомими частинами приводу змішувача
5. В очі працівникові потрапляють краплини гідроксиду калію

1. Наявність витяжної вентиляції, не допускати потрапляння в робочі приміщення парів метанолу
2. В приміщенні цеху виробництва дизельного біопалива заборонено курити чи працювати з відкритим полум'ям
3. Потрібно слідкувати за справністю електричної мережі
4. Потрібно огорожувати рухомі частини приводу
5. Заборонено відкривати ємності з метилатом калію, його потрібно перекачувати насосом
6. Споечасно проводити інструктажі з охорони праці

1. Отруєння метанолом
2. Займання метанолу
3. Ураження електричним струмом
4. Травми працівника рухомими частинами приводу мішалки
5. Травми очей працівника внаслідок потрапляння гідроксиду калію в них

Рис. 4.1. Аналіз виробничих небезпек при виробництві дизельного біопалива

1.4. Небезпечною складовою процесу отримання біодизеля є реактиви та хімічні препарати, задіяні в технологічному процесі (кислоти, їдкий луг, метанол). Спирти, які використовують в процесі реакції естерифікації як каталізатори, можуть нести загрозу вибуху.

2. Визначення термінів

Біопаливо – паливо в рідкому або газоподібному вигляді для використання транспортом, отримане з біомаси.

НУВБІП УКРАЇНИ

Біодизель – стиллові та метилові ефіри олій з рослинної або тваринної сировини, які володіють властивостями дизельного пального, спроможні замінити його в якості палива.

Викиди – шкідливі відходи діяльності двигунів внутрішнього згорання та випари палив автотранспортних засобів, відпрацьовані гази.

НУВБІП УКРАЇНИ

Випарювання продукту – видалення надлишкового метанолу з продукту в апараті випарювання.

Гліцерин – одержаний в результаті гідролізу або омилення олій та жирів рослинного походження триатомний спирт, вироблений не методом синтезу.

НУВБІП УКРАЇНИ

Дизельне паливо – рідке паливо, що отримується із нафти для спалювання у двигунах із загоранням повітряно-паливної суміші в результаті стиснення.

Рідке паливо – горюча рідина синтетичного або нафтового походження, що призначена для забезпечення енергетичних потреб в результаті перетворення енергії вуглеводнів в енергію теплову.

НУВБІП УКРАЇНИ

Жирні полікислоти – кислоти органічного походження до складу молекули у яких входить вуглецевий ланцюг з більшою кількістю ніж вісім атомів вуглецю, аа кілька карбоксильних груп. Розрізняються насичені (не містять подвійних зв'язків) – в тваринних продуктах, і ненасичені (мають подвійні зв'язки) – в рослинних продуктах.

Марка біодизеля – назва, цифрове та буквинне маркування палива.

НУВБІП УКРАЇНИ

Олійні культури – культурні рослини, насіння або плоди яких є джерелом отримання рослинних олій в переробному олієжировому виробництві.

НУВБІП УКРАЇНИ

Норми ЄВРО – нормативи показників що до вмісту токсичних речовин в відпрацьованих газах двигунів машин.

Присадки – речовини, які добавляють до дизеля для покращення його роботи в плані сталості його експлуатаційних характеристик.

НУВБІП УКРАЇНИ

Трансетерифікація (переетерифікація) – хімічна взаємодія жирних кислот (складного ефіру) із кислотою, спиртом, в результаті якої отримується складний ефір, склад якого відрізняється від початкового. Для біодизеля – хімічні перетво-

рення олій або жирів і простіших спиртів (етанолу, метанолу) за допомогою речовини-катализатора.

Сепарація – розділення фаз (гліцеринової від біодизеля).

Складні ефіри – речовини, отримані заміщенням атомів водневих груп -ОН в карбонових чи неорганічних кислотах на радикали вуглеводнів.

Процес сорбційного очищення – видалення надлишків гідроксидів з біодизеля.

Фільтрування – очищення отриманого продукту від механічних домішок.

Цетанове число – умовна величина, що характеризує запалювальні властивості дизельного пального, в числовому значенні дорівнює відсотку вмісту легкозаймистого цетану (органічна рідина, значення цетанового числа якої вважається 100%) в суміші його з важкозаймистим альфаметилнафтаїном (органічна рідина, значення цетанового числа якої вважається 0), еквівалентна за запалювальними властивостями паливу за стандартних умов випробування.

Шлам – дрібні частинки у вигляді осаду, що випадає під час відстоювання або фільтрування рідини.

Екологічні види палива – палива, що відповідають встановленим екологічним нормативам викидів в навколишнє середовище, затвердженим в законному порядку.

3. Умови представлення продукту на ринку

3.1. Біодизель, представлений для реалізації, повинен задовольняти вимогам встановленого Технічного регламенту і підтверджуватись документами, щодо його безпеки (сертифікати відповідності, документи якості) .

3.2. Організації, здійснюючі реалізацію та просування на ринку біодизеля, повинні володіти необхідними приміщеннями та умовами, які забезпечать приймання, контроль, ідентифікацію та зберігання біопалива у відповідності чинному законодавству в сфері паливної безпеки.

3.3. Реалізуючи продукцію, необхідно дотримуватися умов зберігання, встановлених виробником.

3.4. Не може бути реалізована продукція, не відповідна вимогам Технічного

регламента, термін придатності чи зберігання якої закінчився, та, що має відхилення в вимогах до якості, порушення в маркуванні (що до вимог цього Технічного регламенту), без супровідних документів необхідної форми.

3.5. Застосування біодизеля за призначенням у чистому вигляді вимагає переробки двигунів.

3.6. Допускається застосування суміші біо- та мінерального дизельного палива з вмістом біодизеля біля 10%, за цих умов змінювати конструкцію двигуна не потрібно.

3.7. У випадку виявлення неякісного біодизеля, фірми, що його продають, повинні зняти його з реалізації, відкликати у споживача, направити на експертизу, забезпечити його знищення або утилізацію у відповідності до встановлених правил і норм в сфері паливної безпеки.

4. Вимоги в сфері промислової безпеки

4.1. Виготовляючи біодизель, разом з пакуванням, зберіганням, транспортуванням, розробляючи та впроваджуючи нові технології, виробник повинен керуватися принципами добросовісності виробничої практики, що забезпечить відповідність якості біодизеля критеріям існуючого технічного регламенту.

4.2. Умови отримання біодизеля повинні гарантувати безпеку життя і здоров'я обслуговуючого персоналу, задовольняти вимогам чинного законодавства у галузі промислової безпеки, які регламентують:

– вимоги до приміщень, будівель та споруд на виробництві, вимоги до допоміжних споруд та приміщень, вимоги до складів, вимоги до водопостачання та каналізації, вимоги до освітлення, вимоги до опалення, вимоги до зв'язку в приміщеннях);

– вимоги до безпеки території та обслуговуючих майданчиків виробництва (автошляхи, залізничні шляхи, складські та розвантажувально-вантажні майданчики).

5. Вимоги до безпеки виробничих машин та обладнання:

– забезпечення контрольно-вимірювальними приладами та засобами автоматизації;

– забезпечення запобіжними пристроями, системами управління та контролю технологічних процесів;

- забезпечення засобами для захисту від вібрації та шуму;
- забезпечення засобами електричної безпеки;
- забезпечення засобами безпека обслуговування устаткування;
- забезпечення засобами пожежної та вибухобезпеки, пред'явлених до виробничих процесів;

- забезпечення засобами безпеки технологічних процесів;
- забезпечення засобами безпеки вихідні сировини, заготовок, методів їх транспортування та зберігання;
- забезпечення умов безпеки зберігання готової продукції;

- забезпечення умов безпеки транспортування та зберігання хімічних речовин;
- забезпечення засобами захисту персоналу;
- забезпечення вимог до відбору та перевірки знань за професійними критеріями;

- забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до обладнання, виробничих приміщень та обслуговуючого персоналу.

5.1. Підприємство повинне бути забезпечене наявністю і функціонуванням приладів, системою контролю та захисту виробничих процесів.

5.2. На підприємстві повинен бути організований і здійснюватись виробничий контроль дотримання вимог до промислової безпеки з метою максимального зменшення ризиків виникнення аварійних ситуацій, зниження масштабів шкоди та матеріальних збитків їх наслідків.

5.3. Проведення діагностики технічних засобів та обладнання, пристроїв для випробування, огляд будівель, матеріалів, що використовуються в виробництві, які проходять сертифікацію і отримують допуск до виробничого застосування, по правилах, встановлених нормативами промислової безпеки.

5.4. Організація заходів, спрямованих на недопущення та ліквідацію аварії та її наслідків повинна відбуватись по правилам, встановлених нормативами промислової безпеки.

5.5. Для кожного вибухонебезпечного місця на виробництві біодизеля повинні

передбачатися заходи для зниження рівня вибухової небезпеки технологічних блоків, недопущення загорянь та вибухів біля осередків технологічного устаткування.

5.6. На небезпечних ділянках виробничих приміщень, майданчиках для обслуговування вивішують попереджувальні знаки безпеки у відповідності до державних нормативів.

5.7. Машини, обладнання та системи процесів очищення, подрібнення та сушки матеріалу повинні герметизуватися. Ділянки можливого пиловиділення повинні бути оснащені аспіраційними пристроями.

5.8. Приміщення підвалів та напівпідвалів, складів для сировини повинні бути обладнані системою примусової вентиляції. Для контролювання системи вентиляції потрібно регулярно проводити контроль повітря на присутність діоксиду (двоокис вуглецю).

5.9. Виконуючи операції зливання, наливання продукції, необхідно запобігати можливості розгерметизації зливного устаткування та пристроїв, проникнення в довкілля кислот, лугів чи парів спирту, проводити заходи, що унеможливають присутність випадкових або постійних джерел підпалювання в зонах можливої загазованості.

5.10. Резервуари, що використовуються для наливу (зливу), повинні заземлятися.

6. Умови праці

6.1. Вентиляційно-опалювальні системи в робочих зонах виробничих площ повинні забезпечувати метеорологічні показники і наявність шкідливих речовин у межах, визначених державними стандартами.

6.2. Виробничі приміщення всього підприємства повинні забезпечуватися умовами освітленості у відповідності з показниками гігієнічних норм, які передбачені нормативними документами.

6.3. Перевірка освітленості робочого місця повинна відбуватись на робочих поверхнях, визначених нормативами штучного освітлення. Якщо в наявності декілька робочих поверхонь, вимірювати освітленість необхідно на кожній з них.

6.4. Підприємство повинно забезпечуватися контролем за дотриманням гранично-допустимих показників шуму на робочих ділянках, у цехах, будівлях та на

території у відповідності з показниками, які передбачені нормативними документами.

6.5. Робота з біодизелем повинна проводитись з застосуванням індивідуальних захисних засобів, у відповідності до нормативно-законодавчих документів України.

6.6. Працюючи з хімічно активними речовинами необхідно виконувати правила техніки безпеки, враховуючи те, що спирт – токсична, вибухонебезпечна речовина, гідрооксид калію – їдка речовина.

6.7. Робота на дільницях з високим вмістом в повітрі парів хімічних речовин повинна проводитись із використанням засобів для захисту органів дихання:

- для короточасної роботи – фільтруючі протигази марки А;
- для довготривалої роботи – шлангові протигази.

6.8. Працюючи з біодизелем потрібно виконувати правила особистої гігієни.

6.9. Усі працівники зобов'язані проходити періодично медичні огляди у відповідності до наказу МОЗ України.

7. Вимоги до охорони довкілля

7.1. Вимоги до підприємств, що виробляють біодизель, що стосуються охорони довкілля, повинні виконуватись у відповідності до чинного законодавства.

7.2. Оцінювати вплив процесів та технологій отримання біодизеля на довкілля та здоров'я людей необхідно на стадії проектування.

7.3. Повинен бути розроблений план норм емісії і норм утворення та утилізації відходів.

7.4. Величина викидів забруднюючих речовин в довкілля не повинна перевищувати визначеного гранично-допустимого вмісту на робочих місцях і в довколишньому повітрі.

7.5. На підприємстві необхідно щорічно проводити моніторинг забруднюючих викидів в межах санітарної зони та джерел шкідливих викидів в довкілля.

7.6. Підприємство повинно обладнуватися системою власного очищення стічних вод.

7.7. Стічні води, які підприємство скидає у водойми, мають задовольняти вста-

новлені гранично-допустимі норми у відповідності з «Правилами охорони поверхневих вод».

7.8. Стічні води, які підприємство скидає в каналізацію, повинні задовольняти норми, встановлені власником каналізаційної мережі.

7.9. Відходи виробництва з отримання біодизеля – це мильний осад, гліцерин, шлам від очищення.

7.10. Мильний осад і гліцерин можна застосовувати для отримання товарів і господарської, побутової та парфумерної промисловості.

7.11. Шлам від очищення повинен вивозитися на виробництва, що переробляє промислові відходи.

7.12. На підприємстві повинен бути організований виробничий контроль та план заходів обмеження або максимального запобігання емісій в довкілля в разі розгерметизації обладнання.

4.3. Розрахунок освітленості цеху з виробництва дизельного біопалива в ПСП "Червоний маяк"

Габарити приміщення, де розміщується обладнання для отримання біодизеля такі: довжина цеху $a=14$ м; ширина цеху – $b=9$ м; висота цеху – $h_1=4$ м. Величина площі цеху де розміщується обладнання для отримання біодизеля в ПП "Червоний маяк" така [20]:

$$S = a \cdot b = 14 \cdot 9 = 126 \text{ м}^2. \quad (4.1)$$

Визначаємо значення індекса приміщення по формулі [20]:

$$\varphi = \frac{S}{(h_1 - h_2) \cdot (a + b)}. \quad (4.2)$$

де φ – значення індекса приміщення, a – довжина цеху, м; b – ширина цеху, м; h_1 – висота цеху, м; h_2 – значення рівня для розрахунку норми освітленості, м ($h_2=0,6$ м).

Значення індексу приміщення для виготовлення біодизеля розраховується по формулі (4.2):

$$\varphi = \frac{126}{(4 - 0,6) \cdot (14 + 9)} = 1,7.$$

В приміщенні, де виробляється біодизель, використовуються матеріали, відбивна здатність яких значна, значення коефіцієнта відбивання для них дорівнює 80.

В залежності від величини індексу приміщення і значення коефіцієнта відбивання розраховуємо значення коефіцієнта використання освітлення U , який відповідно до [20] дорівнює 76.

Необхідне число світильників для приміщення, де виробляють біодизель, визначається по формулі [20]

$$n_c = \frac{E \cdot S \cdot 100 \cdot K_s}{U \cdot n_l \cdot \Phi_l}, \quad (4.3)$$

де n_c – число світильників, шт.; E – значення необхідної освітленості горизонтальної поверхні, лк; K_s – значення коефіцієнта запаса ($K_s=1,4$); U – значення коефіцієнта використання освітлювача; Φ_l – величина світлового потіку однієї лампи, лм; n_l – число ламп в складі одного світильника, шт.

Величина норми освітлення виробничих цехів для отримання біодизеля дорівнює $E=200$ лк [20].

Світильник містить дві люмінесцентні лампи ЛВ-80 потужність яких 80 Вт, величина світлового потоку 5220 лм [12]

Отже, для приміщення, де виробляється біодизель, необхідна кількість світильників розраховується по формулі (4.3) і становитиме:

$$n_c = \frac{200 \cdot 126 \cdot 100 \cdot 1,4}{76 \cdot 2 \cdot 5220} = 4,4 \text{ шт.}$$

Вважаємо, що для освітлення цеху для виробництва біодизеля необхідно 6 світильників, які містять по дві люмінесцентні лампи, потужність яких 80 Вт, розміщуються вони в 2 ряди, в кожному – по три світильники.

Висновки до розділу 4

1. Визначені виробничі небезпеки при виготовленні біодизеля та розроблені заходи щодо їх усунення. Розроблений технічний регламент безпеки виробництва дизельного біопалива.

2. Для освітлення цеху виробництва дизельного біопалива площею 126 м² використовують 6 світильників, укомплектованих двома люмінесцентними лампами з

потужністю 80 Вт.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Основними критеріями ефективності використання техніки вважаються: ефективність одночасних витрат на її розробку; економічний ефект, отриманий в результаті її впровадження, за рік; час окупності інвестиційних вкладень на її впровадження.

Вище перераховані показники визначаються таким чином.

Ефективність одночасних витрат на розробку нової техніки визначається величиною приведених витрат на її впровадження, які характеризують порівняльну економічну ефективність інвестицій, яку використовують, обираючи кращий з варіантів запропонованих рішень господарських та технічних задач. Оцінюючи ефективність одночасних витрат розробки нової техніки обирається варіант, потребує мінімальної величини приведених витрат.

Величина приведених витрат розраховується по формулі [4]:

$$Z_n = C + E_n \cdot K, \quad (5.1)$$

де Z_n – величина приведених витрат, грн; C – значення собівартості, грн; E_n – значення нормативного коефіцієнта, що характеризує економічну ефективність одночасних витрат ($E_n = 0,15$); K – величина одночасних витрат, грн.

Собівартість – сумарна вартість всіх складових виробництва, необхідних для створення продукції та її реалізації [30]. Величина собівартості розраховується по формулі:

$$C = C_a + C_p + C_{el} + C_o + C_c \quad (5.2)$$

де C_a – величина амортизаційних витрат, грн.; C_p – величина реноваційних витрат, грн.; C_{el} – величина витрат на придбання електроенергії, грн.; C_z – величина витрат на виплату зарплати, грн.; C_{el} – величина витрат на придбання сировини, грн.

Замінюючи морально застаріле обладнання без збитків для виробництва, потрібно вартість фондів, що вибули, повністю переносити на вартість готової продукції. Для цього у фонді амортизації повинні накопичуватись необхідні кошти. Лише дотримуючись цього порядку процесу відновлення основних капітовкладень

будуть здійснюватись ефективно.

Процес амортизації основних фондів – це закономірний економічний процес, при якому вартість основних фондів підприємства переноситься в процесі їх зношення на отриману за допомогою цих фондів продукцію або ж послуги. Потребу в амортизації спонукають особливості вкладу основних фондів в процес виробництва: вони працюють на протязі певних виробничих циклів, зберігають при цьому натуральну форму. На кожну одиницю отриманого продукту переноситься частка вартості фондів, що відповідає їх зношенню [3].

Величина амортизаційних витрат відповідно до прямолінійного методу, розраховується по формулі [14]:

$$C_a = \frac{K}{c_a} \quad (5.3)$$

де K_m – величина загальних капіталовкладень, грн.; c_a – строк корисної експлуатації установки, років.

Правилами визначення основних фондів, що встановлені «Законом про податок на прибуток», передбачається розподілення їх на 4 групи. Відповідно до розділу III ПКУ платники податків зобов'язані віднести складові основних фондів, які в них визначені, із 4-х раніше існуючих груп до 16 новостворених «податкових» груп основних засобів з проведенням обліку пооб'єктно, та визначенням для кожної з 16 груп мінімально обмеженого терміну корисної експлуатації (амортизації) об'єкту. Цей мінімальний термін встановлюється платниками податків самостійно, враховуючи дату вводу в експлуатацію складових об'єктів, що входять до основних засобів.

Механізми та обладнання відносяться до 4-ї групи, у якій мінімальний допустимий час експлуатації дорівнює 5 років [14].

Величину загальних капіталовкладень розраховують по формулі:

$$K = \Pi_m \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (5.4)$$

де K_m – сума загальних капіталовкладень, грн.; Π_m – вартість купівлі обладнання, грн.; k_1 – значення коефіцієнту, враховуючого складські та торговельно-транс-

портні витрати; K_2 – значення коефіцієнта, враховуючого витрати монтажу реактора.

Значення коефіцієнта $K_1=1,11$, а коефіцієнта $K_2=1,12$ [16]. Цінова вартість розробленого реактора для отримання біодизеля дорівнює 141500 грн., вартість реактора для отримання калію метилату – 68000 грн. [9]. Сумарна вартість обладнання всієї ділянки з отримання біодизеля дорівнює $141500 + 68000 = 209500$ грн.

Величина загальних капіталовкладень в цех з отримання біодизеля по формулі (5.4) становитиме:

$$K = 209500 \cdot 1,11 \cdot 1,12 = 276540 \text{ грн.}$$

або при часі роботи заводу протягом року 120 діб і його продуктивності 0,3 т/добу: $276500 / (120 \cdot 0,3) = 7682$ грн./т., або 7,682 грн./кг, а при густині біодизеля $800 \text{ кг/м}^3 = 6,15 \text{ кг/л}$.

Величина відрахувань на амортизацію комплектуючих обладнання з отримання біодизеля по формулі (5.3) становить:

$$C_a = \frac{276540}{5} = 55308 \text{ грн.}$$

Величина відрахувань на проведення ремонту обладнання визначається по формулі [16]:

$$C_p = \frac{K \cdot N_p}{100} \quad (5.5)$$

де N_p – нормативний показник відрахування на проведення ремонту.

Нормативний показник реновації на протязі року не повинен перевищувати 5% сумарної величини балансової вартості основних виробничих фондів на початку звітного року (згідно постанови Кабміну України №1075 від 6.09.1996 р.) [25].

Тому величина затрат на проведення ремонту обладнання для отримання біодизеля по формулі (5.5) становитиме:

$$C_p = \frac{276540 \cdot 5}{100} = 13827 \text{ грн.}$$

Затрати на придбання електроенергії для роботи обладнання з отримання біодизеля розраховують по формулі:

$$C_{el} = C_{el} \cdot N_{el} \cdot T_1 \cdot T_2 \quad (5.6)$$

де C_{el} – вартість електричної енергії, грн./кВт·год.; N_{el} – величина електричної потужності всього обладнання підприємства, кВт; T_1 – час роботи підприємства на протязі року, діб.; T_2 – час роботи електричних апаратів біореактора на протязі доби, год.

Вартість електричної енергії разом з ПДВ для споживачів другого класу напруги (до 27,5 кВ) з 1 жовтня 2020 р. становить 372,66 коп./кВт·год. [35]. Електрична потужність реактора з виробництва біодизеля становить 3,0 кВт.

На протязі календарного року підприємство працює в однозмінному розкладі 9 місяців, 20 робочих днів щомісяця, отже 120 діб. На протязі однієї зміни переміщуючий пристрій працює близько 30 хв.

Таким чином, витрати на електричну енергію роботи обладнання біореактора з отримання біодизелю по формулі (6.5) дорівнює:

$$C_{el} = 3,7266 \cdot 3,0 \cdot 120 \cdot 0,5 = 671 \text{ грн.}$$

Затрати на оплату праці розраховуються за виразом:

$$C_o = TC \cdot n_{роб} \cdot n_{зм} \quad (5.7)$$

де TC – тарифна ставка, грн./міс.; $n_{роб}$ – кількість робітників, чол.; $n_{зм}$ – кількість місяців протягом року, коли працює установка, шт.

Тарифна ставка оператора IV розряду з 1 грудня 2021 р. становить 3674 грн./міс. [24]. Кількість робітників – 1 чол. Протягом року установка працює 3 міс.

Тому витрати на заробітну плату за виразом (5.7) становлять:

$$C_o = 3674 \cdot 1 \cdot 3 = 11022 \text{ грн.}$$

Сировина, яку використовують для отримання біодизеля, є олія рослин. Витрати на отримання сировини розраховуються по формулі:

$$C_c = C_o \cdot V_o \quad (5.8)$$

де C_c – витрати на отримання сировини, грн.; C_o – величина собівартості отримання рослинної олії, грн./л.; V_o – обсяг рослинної олії, л.

Значення собівартості отримання рослинної олії за врожайності ріпакового

насіння 25 ц/га, величини засміченості 12% і значення початкової вологості 10% дорівнює 5,7 грн/л [10]. Обсяг рослинної олії, необхідний для отримання очікуваного об'єму біодизеля становить 57023 л.

Згідно виразу (5.8) витрати на отримання сировини дорівнюють:

$$C_c = 5,7 \cdot 57024 = 297665 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість виробництва дизельного біопалива в ПСП "Червоний Маяк" по формулі (5.2) дорівнюватиме:

$$C_{\text{спн}} = 55308 + 13827 + 671 + 11022 + 297665 = 378493 \text{ грн.,}$$

або $378493 / (120 \cdot 0,3) = 10514$ грн./т, або 10,514 грн/кг, а при густині біодизеля 800 кг/м³ – 7,3 грн./л.

Величина приведених затрат пуску в використання цеху з отримання біодизеля по формул (5.1) дорівнюватиме:

$$Z_n = 7,3 + 6,15 - 0,15 = 8,22 \text{ грн./л.}$$

Період окупності капіталовкладень отримуємо з формули:

$$P = \frac{K}{\Pi} \quad (5.9)$$

де P – період окупності капіталовкладень, років; K – капіталовкладення, грн.; Π – прибуток, грн./рік.

Величину річної вартості надходжень в результаті реалізації капіталовкладень F отримуємо з формули:

$$F = (\Pi_{\text{прод}} - K) \cdot V_{\text{бюд}} \quad (5.10)$$

де $\Pi_{\text{прод}}$ – ціна одиниці продукції, грн./л; $V_{\text{бюд}}$ – річний обсяг отриманого продукту, л/рік.

Ціна продукції, враховуючи торговельну надбавку, розраховується по формулі:

$$\Pi_{\text{прод}} = C + \frac{C \cdot TH}{100} \quad (5.11)$$

де C – собівартість, грн./л; TH – величина торговельної надбавки, %.

Ціна біодизелю при торговельній надбавці 12% буде становити:

$C_{\text{прод}} = 6,38 + \frac{6,38 \cdot 12}{100} = 8,18$ грн.
 Річна обсяг виробленого біодизеля дорівнює 51840 л.

Прибуток, отриманий від реалізації біодизеля розраховується по формулі:

$$P = (C_{\text{прод}} - C) \cdot V_{\text{бiod}} \quad (5.12)$$

Прибуток, отриманий від реалізації біодизеля по формулі (5.12) дорівнює:

$$P = (8,18 - 7,3) \cdot 51840 = 45419 \text{ грн/рік.}$$

Термін окупності вкладень по формулі (5.9) дорівнює:

$$P = \frac{276540}{45419} = 6,1 \text{ роки.}$$

Техніко-економічні параметри виробництва біодизеля в ПСП "Червоний Маяк" наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні параметри виробництва біодизеля в ПСП "Червоний Маяк"

№	Показники	Значення
1	Величина загальних капіталовкладень, грн	276540
2	Затрати на амортизацію, грн	55308
3	Затрати на проведення ремонту, грн	13827
4	Затрати на придбання електроенергії, грн	671
5	Затрати на виплату зарплати праці, грн	11022
6	Затрати на придбання сировини, грн	297665
7	Собівартість виробництва біодизеля, грн	378 493
	грн/л	7,30
8	Вартість біодизеля за торгівельної надбавки 12%, грн/л	8,18
9	Величина прибутку, грн	45419
10	Термін окупності вкладень, років	6,1

Висновки по розділу 5

Собівартість виробництва дизельного біопалива в ПСП "Червоний Маяк" становить 7,3 грн./л. При торгівельній надбавці 12% ціна на дизельне біопаливо

становитиме 8,18 грн./л, а прибуток від продажу дизельного біопалива – 45419 грн.
При цьому термін окупності інвестицій становитиме 6,1 роки.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

Висновки

1. Реальною альтернативою нафтовому дизельному паливу є біодизель, який виготовляється по технології з гомогенним каталізатором, з гетерогенним каталізатором, і без каталізатора.

2. Технологія виробництва біодизеля з гомогенним каталізатором є найпростішою і найдешевшою. За цією технологією біодизель виготовляють в реакторах, які поділяються на кавітаційні і з механічним перемішуванням.

3. Для виробництва дизельного біопалива в ПСП “Червоний маяк” застосовують реактор з такими конструкційно-технологічними параметрами:

Продуктивність, л/добу	288
Внутрішній об’єм реактора V , м ³	0,4
Діаметр реактора D_0 , м	0,8
Висота реактора H , м	1,06
Кут при вершині конуса реактора β , град	90
Об’єм конічної частини реактора V_{kc} , м ³	0,067
Об’єм циліндричної частини реактора $V_{цч}$, м ³	0,331
Об’єм, що займає біодизель в реакторі V_0 , м ³	0,34
Довжина стінки конічної частини реактора l_{kc} , м	0,566
Висота циліндричної частини реактора $H_{цч}$, м	0,66
Висота конічної частини реактора h_0 , м	0,4
Висота біодизеля в реакторі H_0 , м	0,944
Товщина стінки конічної частини реактора, мм	2,8
Товщина стінки циліндричної обичайки реактора, мм	2,5
Товщина стінки водяної сорочки, мм	4,5
Товщина знімної кришки реактора, мм	3,9

Знімну кришку, конічне днище і циліндричну обичайку реактора виготовляють із аустенітної легованої гарячекатаної сталі марки 10Х17Н13М2Т, стінку водяної сорочки – із гарячекатаної вуглецевої сталі звичайної якості Ст2.

4. При виробництві дизельного біопалива перемішування реагентів здійснюють стрічковою мішалкою з наступними конструкційно-технологічними параметрами: висота мішалки – 940 мм; діаметр мішалки – 750 мм; шаг мішалки – 750 мм; ширина лопаті мішалки – 75 мм; відстань від мішалки до дна реактора – 45 мм; частота обертання мішалки – 78 об/хв; діаметр валу мішалки – 60 мм. Для приводу мішалки приймаємо мотор-редуктор планетарний ЗМП-40 з потужністю електродвигуна 3,0 кВт.

5. Оптимальна частота обертів механічної мішалки при виробництві біодизеля становить 78 об./хв.

6. Визначені виробничі небезпеки при виготовленні біодизеля та розроблені заходи щодо їх усунення. Розроблений технічний регламент безпеки виробництва дизельного біопалива.

7. Для освітлення цеху виробництва дизельного біопалива площею 126 м² використовують 6 світильників, укомплектованих двома люмінесцентними лампами з потужністю 80 Вт.

8. Собівартість виробництва дизельного біопалива в ПСП "Червоний Маяк" становить 7,3 грн./л. При торгівельній надбавці 12% ціна на дизельне біопаливо становитиме 8,18 грн./л, а прибуток від продажу дизельного біопалива – 45419 грн.

При цьому термін окупності інвестицій становитиме 6,1 роки.

Список використаних джерел

1. Аксенов Л. Н., Кунавин С. А., Лясникова Н. Н., Соколов-Бородкин Е. С., Хвостов В. Ф., Чечко В. Н. Расчет химического аппарата с механическим перемешивающим устройством: метод. указания. Москва: РХТУ имени Д. И. Менделеева, 2015. 88 с.

2. Альбом типовых конструкций АПК 24.201.17-90: Мешалки: типы, параметры, конструкция, основные размеры и технические требования. Действителен от 1991-01-01. 34 с.

3. Амортизация. Материалы из сайту Академик [Электронный ресурс]. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/156558/Амортизация> (дата обращения: 20.10.2021).

4/ Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств: підручник. Київ: КНЕУ, 2002. 624 с.

5. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами вертикальные. Общие техн. требования. ГОСТ 20680-86. Действителен от 1988-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 1988. 34 с.

6. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами. Общие технические требования. ГОСТ 20680-2002. Действителен от 2002-05-30. Минск: МС по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. 18 с.

7. Беляев В. М. Расчет и конструирование основного оборудования отрасли. Ч. 1. Апараты с механическими перемешивающими устройствами: учебное пособие. Томск: Издательство ТПИ, 2018. 384 с.

8. Демчак І. М., Мельник С. І., Кисляченко М. Ф., Демидов О. А., Лобастов І. В., Головань В. В., Ривовар В. С., Неципорок А. А. Методика формування витрат трудових і матеріальних ресурсів та нормативи витрат на виробництво технічних культур. Київ: НДІ-Украгронпромпродуктивність, 2012. 526 с.

9. Довідка про вартість лінії підготовки рослинних олій до естерифікації. ТОВ "ТАН".

10/ Дубровін В. О., Поліщук В. М., Гринько П. В., Бурилко А. В., Драгнєв С. В., Козак Н. І., Поліщук О. В., Павленко М. Ю. Способи підвищення ефективності

виробництва дизельного біопалива із заданими показниками якості; рекомендації для агропромислових підприємств України; рекомендації для агропромислових підприємств України. Київ: НУБіП України, 2014. 100 с.

11. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги. ДСТУ 6081:2009. Дійсний від 2009-01-20. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.

12. Корякин-Черняк С. Л. Справочник домашнего электрика. Санкт-Петербург: Наука и техника, 2016. 400 с.

13. Круг 12X18H10T. Материалы из сайта marka201.narod.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://marka201.narod.ru/ts.htm> (дата обращения: 11.09.2021).

14. Мельник В. І., Ревенко Ю. І., Карабиньощ С. С. Амортизація основних засобів. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт. Київ: ТОВ "Тонар", 2012. 26 с.

15. Мельничук М. Д., Дубровін В. О., Мироненко В. Г., Григорюк І. П., Поліщук В. М., Голуб Г. А., Таргоня В. С., Драгнев С. В., Свистунова І. В., Кухарев С. М. Альтернативна енергетика: навчальний посібник. Київ: Аграр Медіа Груп, 2012. 244 с.

16. Методика (основное положение) определения экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в народном хозяйстве.

17. Мироненко В. Г., Дубровін В. О., Поліщук В. М., Драгнев С. В. Технології виробництва біодизеля: курс лекцій. Київ: Холтех, 2009. 100 с.

18. Мотор-редуктор планетарный МПО1М-10. Материалы из сайта RedMash [Электронный ресурс]. URL: <http://redmash.com.ua/catalog/motor-reduktory/mpo> (дата обращения: 19.09.2021).

19. Островская Э. Н., Полякова Т. В. Расчет и конструирование химических аппаратов с мешалками: учебн. пособие. Казань : КГТУ. 2006. 120 с .

20. Поліщук В. М. Визначення кількості ламп для забезпечення нормативної освітленості виробничого приміщення. Методичні вказівки до виконання лабора-

торних робіт з дисциплін "Виробнича санітарія" для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів 3-4 рівнів акредитації освітнього ступеня. Київ: НУБіП України, 2021. 24 с.

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

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

23. Поліщук В. М., Дубровін В. О., Драгнев С. В. Інженерія систем природокористування. Ч. 4. Конструкційно-технологічний розрахунок механічних мішалок. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін "Інженерія систем природокористування" для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів 3-4 рівнів акредитації освітньо-кваліфікаційного рівня „Магістр”. Київ: Аграр Медіа Груп, 2016. 160 с.

24. Посадові оклади (тарифні ставки) працівників бюджетної сфери за Єдиною тарифною сіткою на 2021 рік та додержання державних гарантій в оплаті праці. Матеріали із сайту Краматорської міської ради [Електронний ресурс]. URL: <https://krm.gov.ua/posadovi-oklady-taryfni-stavky-pratsivnykiv-byudzhetnoyi-sfery-za-yedynoyu-taryfnoyu-sitkoyu-na-2021-rik-ta-doderzhannya-derzhavnyh-garantij-v-oplati-pratsi-2/> (дата звернення: 24.10.2021).

25. Про затвердження положення про порядок визначення амортизації та віднесення амортизаційних відрахувань на витрати виробництва (обігу). Постанова Кабміну України від 6.09.1996р. №1075. Матеріали із сайту Верховної ради України [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1075-96-%D0%BF#Text> (дата звернення: 21.10.2021).

26. Производство редукторов и мотор-редукторов общепромышленного назначения. Материалы из сайта НПО ГИДРОМАШ-1 [Электронный ресурс]. URL: https://www.gidromash.com.ua/motor_red.htm (дата обращения: 04.10.2021).

27. Прокат листовой горячекатанной. Сортамент. ГОСТ 19903-74. Действителен от 1976-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 1977. 28 с.

28. Редукторы планетарные модернизированные: каталог. Киев: НТЦ Редуктор, 2017. 24 с.

29. РД 10-249-98. Нормы расчета на прочность стационарных трубопроводов и котлов горячей воды и пара. Санкт-Петербург: Издательство ДЕАН. 2002. 384 с.

30. Собівартість. Матеріали із сайту Вікіпедія [Електронний ресурс]. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C> (дата звернення: 27.10.2021).

31. Сталь высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки. ГОСТ 5632-72. Действителен от 1975-01-01. Москва: ИУС. №3. 2007.

32. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. ГОСТ 380-44. Действителен от 1998-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 1998. 6 с.

33. Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Техн. условия. ГОСТ 7350-77. Действителен от 1977-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 1978. 30 с.

34. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Перевод с польского под редакцией И. А. Щупляка. Ленинград: Химия, 1975. 384 с.

35. Тарифи на послуги з передачі та розподілу в 2021 році. Матеріали із сайту Торгова Енергетична Компанія [Електронний ресурс]. URL: <https://tek.energy/storage/prices/electricity/ngyhr1ZhZTB3ibPBOBh38NTC2EG6AQ6UBcbI4me6.pdf> (дата звернення: 26.10.2021).

36. Типовые карты выращивания с.-х. культур в Киевской области. Киев: УкрНИИ земледелия, 1986. 222 с.

37. Трофимчук С.Е., Поліщук В. М. Технології отримання рослинних олій для виробництва біодизеля. *Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: 75-а Всеукраїнська науково-практична студентська конференція, м. Київ, 16-20 березня 2021 р.* Тези доповіді. К., 2021. С. 64-65.

38. Шевченко Е. Б., Куренная И. Г. Экономическая целесообразность использования и производства биодизеля в Украине. *БизнесИнформ*. 2017. № 4. С. 2-4.

39. Хюльми (смл). Матеріали із сайту Вікіпедія [Електронний ресурс]. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%BC%D0%B8_\(%D1%81%D0%BC%D1%82\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%BC%D0%B8_(%D1%81%D0%BC%D1%82)) (дата звернення: 10.10.2021).

40. EN 14961-6:2011. Solid biofuels. Fuel specifications and classes. Non-woody pellets for non-industrial use. Publication Date 2012-06-31. London, England/ British Standards Institution, 2011. 18 p.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УкРАЇНИ

НУБІП УкРАЇНИ

ДОДАТКИ

НУБІП УкРАЇНИ

НУБІП УкРАЇНИ

НУБІП УкРАЇНИ

НУБІП УкРАЇНИ

НУБІП УкРАЇНИ

ДОДАТОК А

Результати експериментальних досліджень

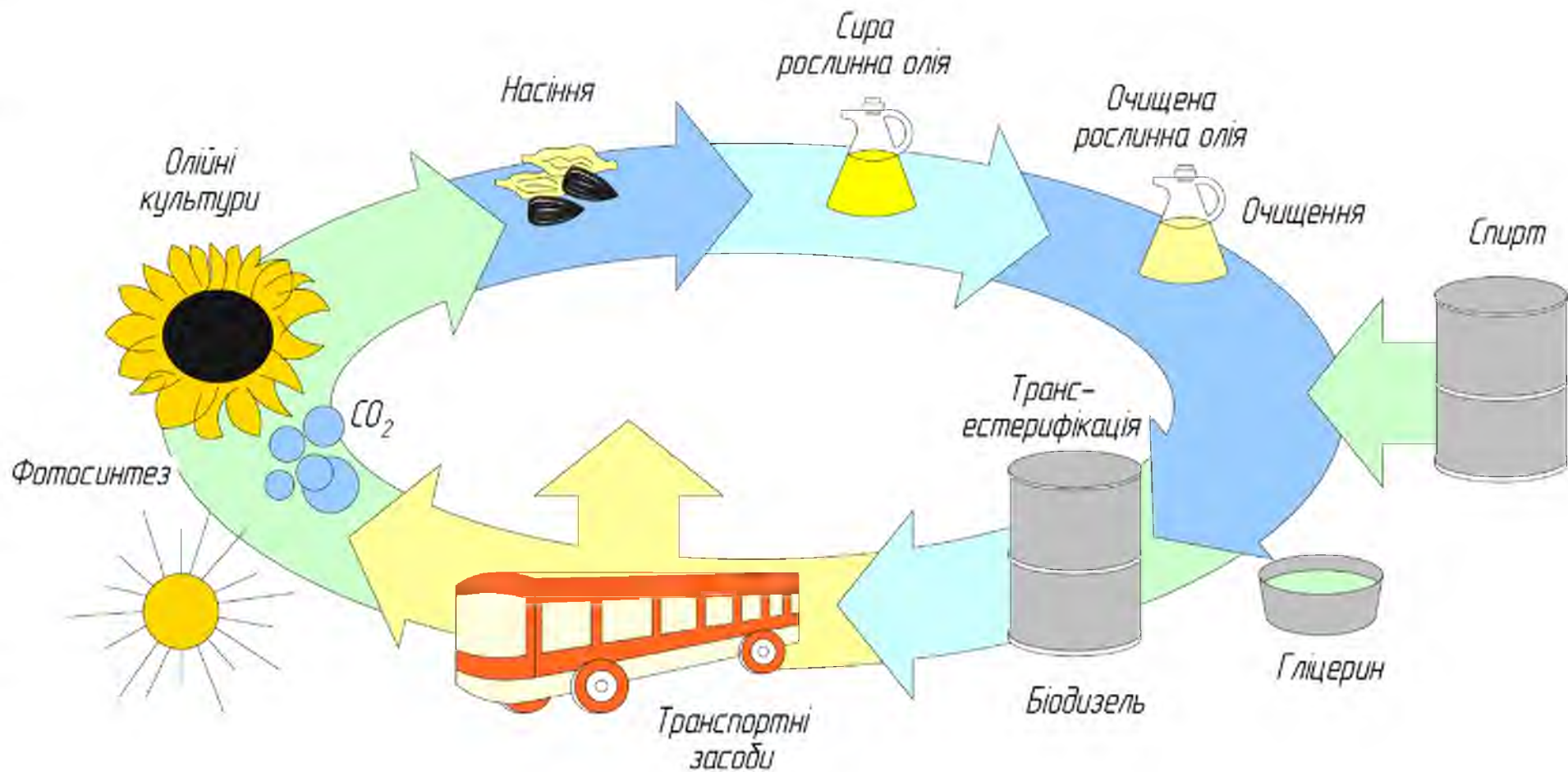
Таблиця А.1

Зміна виходу метилового ефіру, температури спалаху і виходу метанолу в залежності від частоти обертання мішалки

№ п/п	Повторність	Всього суміш, мл	Частота обертання, об./хв	Вихід ріпаково-метилового ефіру, мл	Вихід сирового гліцерину, мл	Відсоток виходу ефіру, %	Вихід метанолу, мл	Температура спалаху, °C
1	1	250	50	193	38,5	79,75	0,77	99,0
	2		50	183	49		1,57	129,0
	3		50	194	41		1,51	105,0
	Середнє		50	190	42,8		1,22	109,7
2	1	250	100	189,1	38,2	78,1	1,03	114,3
	2		100	187,6	44,8		2,2	113,1
	3		100	186,2	42,6		1,15	114,3
	Середнє		100	187,3	41,9		1,43	114,3
3	1	250	150	188	39,6	77,3	0,77	118,1
	2		150	185	42,6		0,29	146,1
	3		150	186	41,1		0,43	118,4
	Середнє		150	186,3	41,1		0,50	127,4
4	1	250	200	189,6	41,2	77,1	0,87	128,1
	2		200	185	43,6		0,71	130,1
	3		200	194	41,0		0,57	152,2
	Середнє		200	189,5	41,6		0,72	136,8

ДОДАТОК Б

Цикл виробництва біодизеля



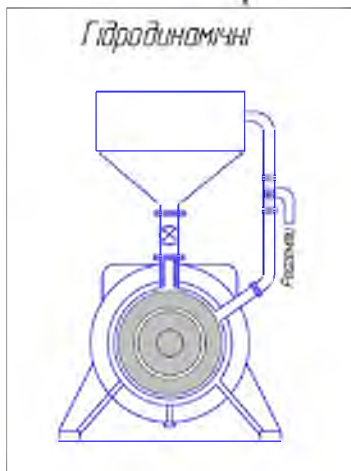
Класифікація біодизельних реакторів

Біодизельні реактори для метанолізу з гомогенним каталізатором

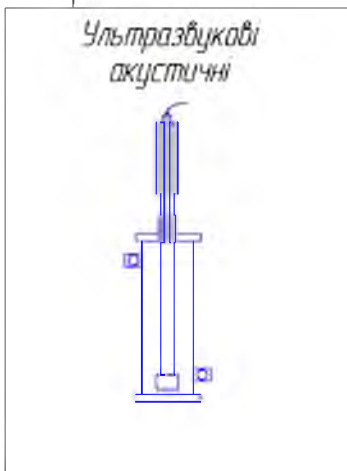
Кавітаційні

З механічним перемішуванням

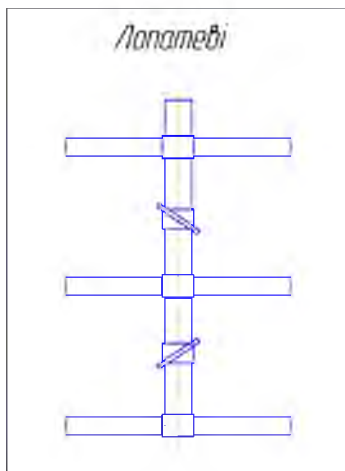
Гідродинамічні



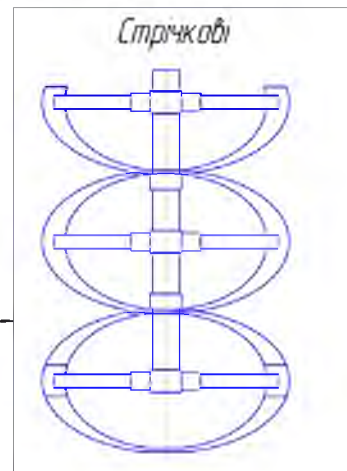
Ультразвукові акустичні



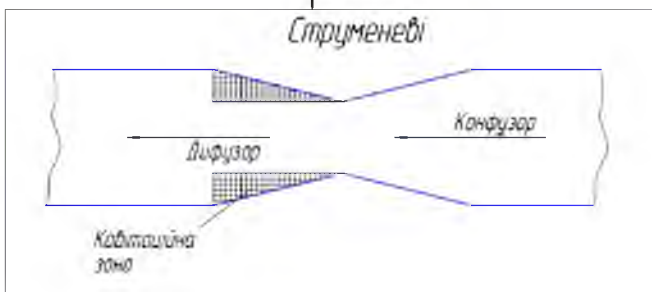
Лопатеві



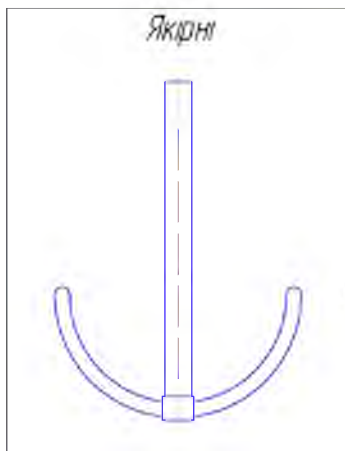
Стричкові



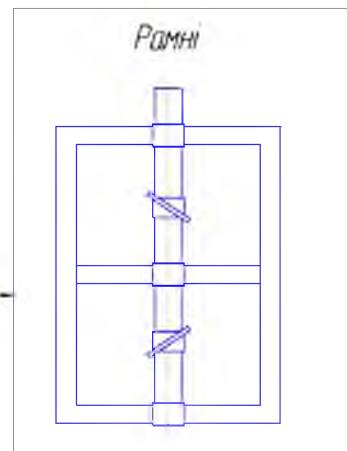
Струменеві



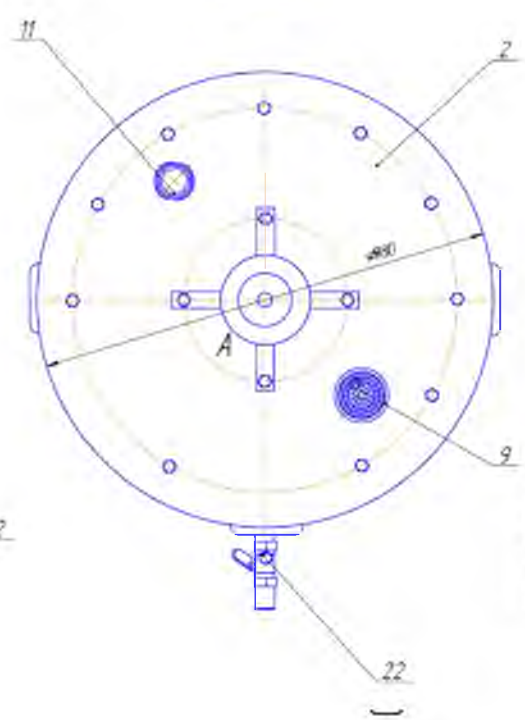
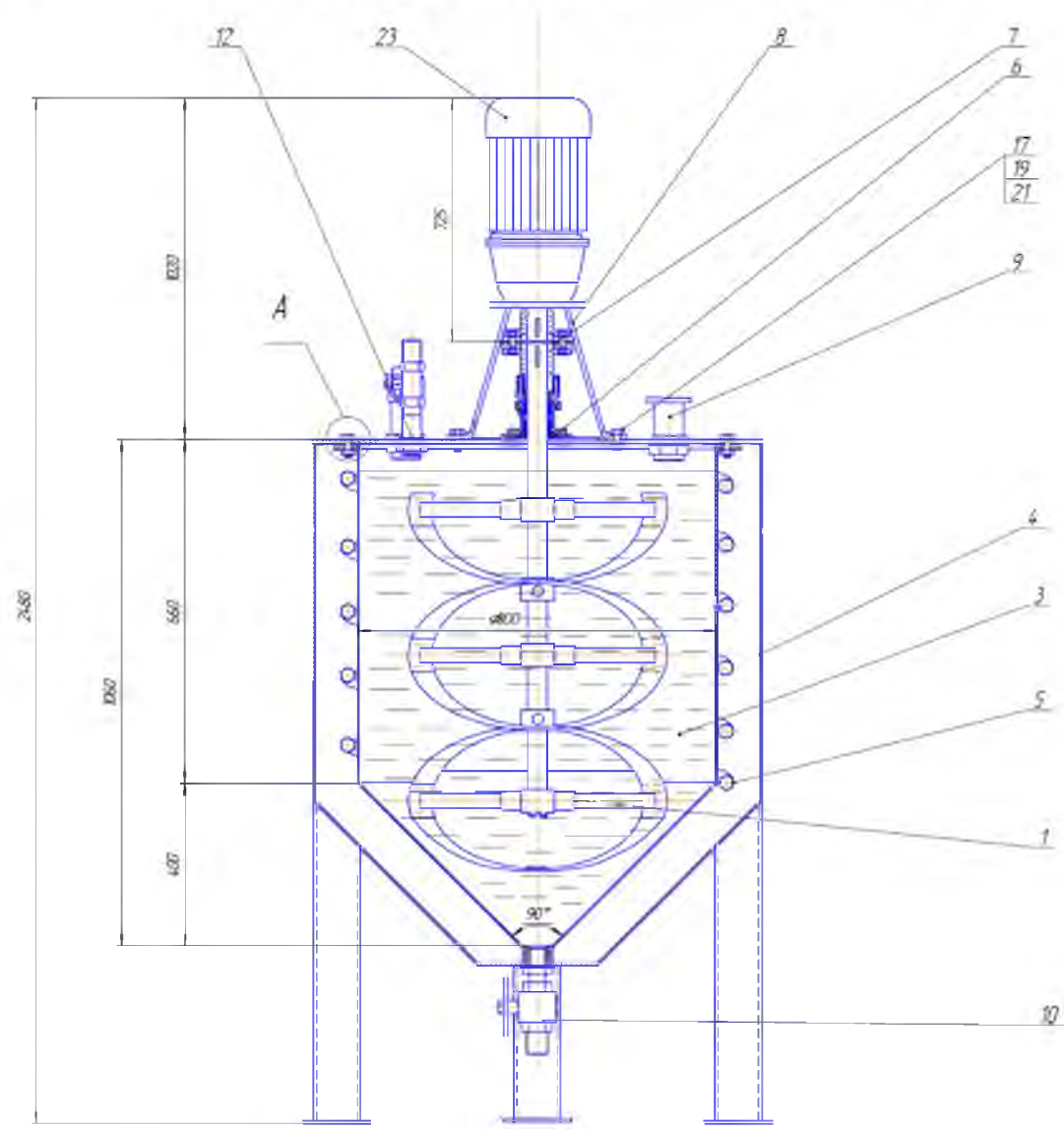
Якірні



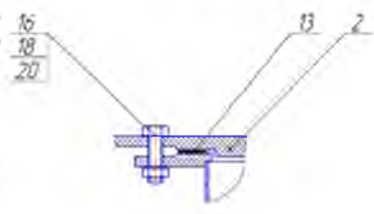
Рамні



Біодизельний реактор. Загальний вигляд



A(11)



Листові характеристики

1 Діаметр реактора, м/диаметр	280
2 Діаметр отвору реактора, м/диаметр	0,38
3 Діаметр реактора, м	100
4 Діаметр реактора, м	68
5 Кут при вершині конуса, град	90
6 Отвір для вимірювання рівня, м/диаметр	0,4
7 Діаметр отвору реактора, м/диаметр	10

Формат	Зона	Гвоз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Стандартні вироби		
		16		Болт М16х20.48 ГОСТ 7798-70	12	
		17		Болт М20х25.48 ГОСТ 7798-70	8	
		18		Гайка М16.5 ГОСТ 5915-70	12	
		19		Гайка М20.5 ГОСТ 5915-70	8	
		20		Шайба 16 65Г.019 ГОСТ6402-70	12	
		21		Шайба 20 65Г.019 ГОСТ6402-70	8	
		22		Кран шаровий 1 дійм	1	
				Інші вироби		
		23		Мотор-редуктор АИР112М4	1	

Інв. № годл.	Годл. и дата	Взам. інв. №	Інв. № годл.	Годл. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Ізм.	Лист	№ докум.	Годл.	Дата
------	------	----------	-------	------

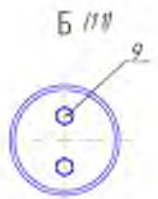
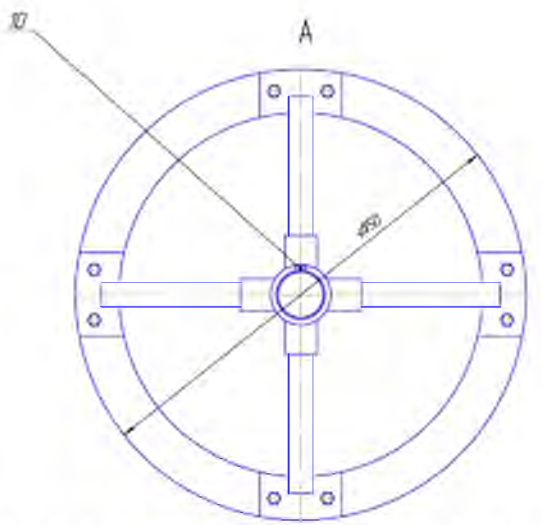
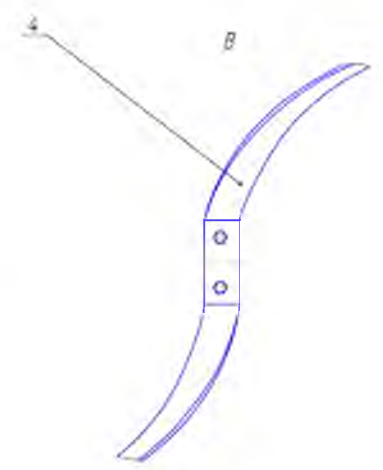
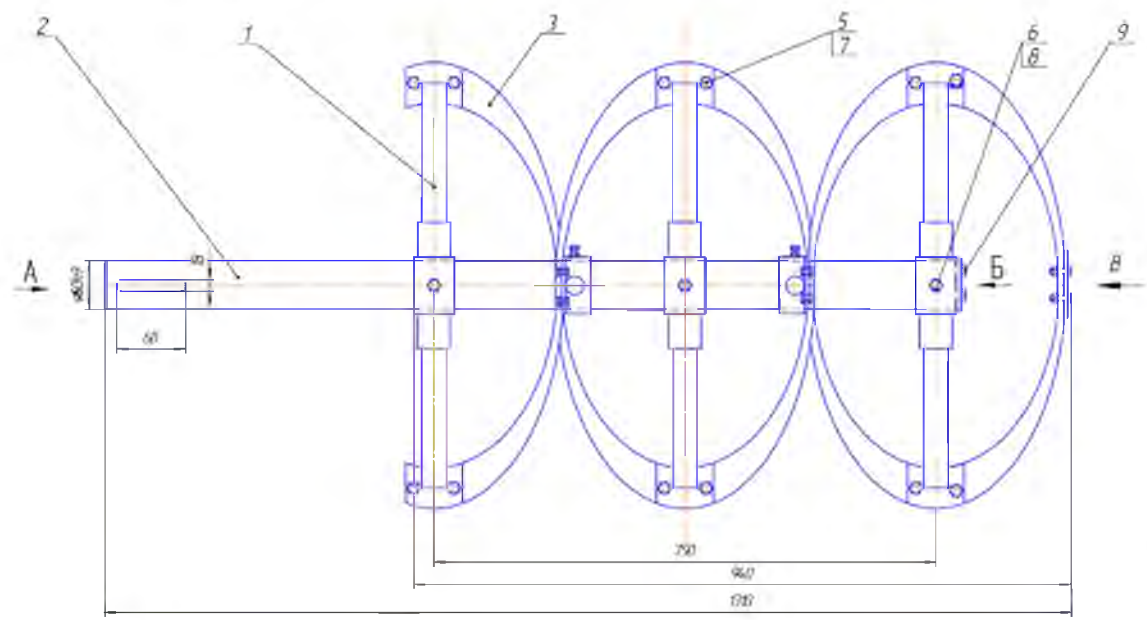
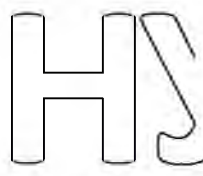
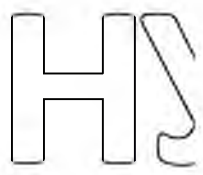
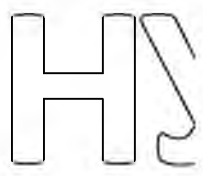
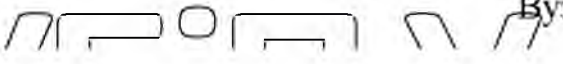
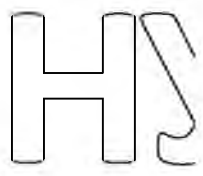
01.08-МР.189"С"01.00.00.060

Лист

Копировал

Формат А4

Вузол перемішуючий. Складальні креслення



№ з/в	Позначення	Назва деталі	Вид	Кільк.
		Складальний		
1	100-100-100-100-100	Складальний вузол		
		Складальний вузол		
A	100-100-100-100-100	Складальний вузол	A	
		Складальний вузол		
2	100-100-100-100-100	Вісь	2	
3	100-100-100-100-100	Волокно скловоле	4	
4	100-100-100-100-100	Волокно скловоле	2	
		Складальний вузол		
5		Складальний вузол	2	
6		Складальний вузол	1	
		Складальний вузол		
7		Складальний вузол	2	
8		Складальний вузол	2	
9		Складальний вузол	2	
10		Складальний вузол	1	

*Результати визначення економічної ефективності
виробництва біодизеля в ПСП "Червоний маяк"*

<i>№</i>	<i>Показник</i>	<i>Значення</i>
<i>1</i>	<i>Загальні капіталовкладення, грн</i>	<i>276540</i>
<i>2</i>	<i>Затрати на амортизацію, грн</i>	<i>55308</i>
<i>3</i>	<i>Затрати на ремонт, грн</i>	<i>13827</i>
<i>4</i>	<i>Затрати на електроенергію, грн</i>	<i>671</i>
<i>5</i>	<i>Затрати на оплату праці, грн</i>	<i>11022</i>
<i>6</i>	<i>Затрати на сировину, грн</i>	<i>297665</i>
<i>7</i>	<i>Собівартість виробництва біодизелю, грн</i>	<i>378493</i>
<i>8</i>	<i>Вартість біодизеля, грн/л</i>	<i>8,18</i>
<i>9</i>	<i>Прибуток, грн</i>	<i>45419</i>
<i>10</i>	<i>Термін окупності інвестицій, років</i>	<i>6,1</i>

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України