УДК 631
№ держреєстрації 0116U002743

Міністерство аграрної політики та продовольства України
Таврійський державний агротехнологічний університет
(ТДАТУ)
72312, Запорізька обл. м Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18
тел. (0619) 42-02-74

**НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
МЕХАНІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА ПІВДНЯ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРОТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕР-СИТЕТУ**

**Відділ "Ресурсозбереження в технологічних процесах АПК"
Науково-дослідна лабораторія "Технічний сервіс і надійність с.г. техніки"**

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з НР д.т.н., проф.
_____В.Т. Надикто
"_____"_____2016 р.

ЗВІТ
**ПРО РОБОТУ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ
"Технічний сервіс і надійність с.г. техніки"**
(проміжний)

Програма: «**Підвищення надійності технічних та зрошувальних систем та комплексів АПК»**

Завідувач відділу:
д.т.н., проф. В.А. Дідур

Завідувач лабораторією: В.А. Дідур
к.т.н., доц.

ТДАТУ, 2017
Результати роботи розглянуто НТР НДІ,
протокол від

СПИСОК АВТОРІВ

Доктор технічних наук	В.А. Дідур (участь в 1; 2; 3; 4 висновки)
Кандидат технічних наук	Д.П. Журавель (участь в 3; висновки)
Кандидат технічних наук	І.С.Сєрий (участь в 4 висновки
Кандидат технічних наук	А.О. Смєлов (участь в 1 висновки)
Кандидат технічних наук	Ю.Г. Сорваніді (участь в 4 висновки)
Кандидат технічних наук	В.В. Паніна (участь в 1 висновки)
Кандидат технічних наук	А.Б.Чебанов (участь в 2 висновки)
Кандидат технічних наук	Г.І.Дашивець (участь в 4 висновки)
Кандидат технічних наук	О.М. Шокарєв (участь в 4 висновки)
Інженер	А.М. Бондар (участь в 4 висновки)
Інженер	К.Г. Петренко (участь в 3 висновки)
Інженер	О.Ю. Мушкевич (участь в 1 висновки)
Інженер	О.Ю. Новік (участь в 1 висновки)
Інженер	А.А. Асєєв (участь в 2 висновки)

Реферат

Звіт про НДР 40 с., 44 рисунків, 9 літературних джерел.

Об’єктом досліджень є технологія відновлення із одночасним зміцненням ребра шнека; процеси, що відбуваються при жарінні олійної сировини в багаточаній жаровні; контроль вологомісткості моторних олив; послідовності перевірки та ліквідації несправностей обчісувального пристрою, різального пристрою обчисувального модуля.

Предмет дослідження – робочі поверхоні шнека, рух частинок м’ятки в чані жаровні; закономірності й математичні залежності між якісними властивостями робочих та мастильних рідин і строком служби вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки; залежність параметрів працездатності зернозбирального комбайну обчисувального типу від методів прогнозування та визначення технічного стану.

Мета роботи – підвищення довговічності бурових шнеків за рахунок розробки технології їх відновлення із одночасним зміцненням; розробка математичної моделі процесів, що відбуваються при жарінні олійної сировини в багаточаній жаровні, з урахуванням гідродинаміки м’ятки і енергії зв'язку вологи з матеріалом, теоретичне обґрунтування способу контролю вологомісткості моторних олив; обґрунтування інженерних методів прогнозування та визначення технічного стану зернозбирального комбайну обчисувального типу.

Місце проведення досліджень: ПНВП “Кермек”, ПП «Мединський М.І.», ТОВ «Кавітек», лабораторії ТДАТУ.

Методи досліджень – поставлені задачі вирішувались з використанням теоретичних методів дослідження, що дозволили досягти основних результатів

роботи і підтвердити їхню вірогідність методом активних експерементів. Використовувалися методи диференційного та інтегрального обчислення, основні положення теоретичної механіки, аналітичної геометрії, комп'ютерної технології, методами математичного аналізу і математичної статистики. При обґрунтуванні блок-схеми використовувались методи екстраполяції та логіко-імітаційного моделювання.

Ключові слова: ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС, НАДІЙНІСТЬ, РЕБРО ШНЕКА, РОБОЧІ РІДИНИ, НАСІННЯ РИЦИНИ, ПРОЦЕС ОБРУШЕННЯ, СЕПАРЦІЯ, ТЕРМОДИНАМІЧНА РІВНОВАГА, ПОТЕНЦІАЛ МАСОПЕРЕНОСУ, ДОРОБКА ВОРОХУ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА, ХІММОТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, МОТОРНЕ МАСЛО, ОЛИВА, ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, ТРИБОТЕХНІЧНІ ПРОЦЕСИ.

ЗМІСТ

ВСТУП…….6
ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ…….7
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ……7
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ……...10
1. Розробка технологій та технологічного обладнання для відновлення елементів сільськогосподарської техніки при ремонті…….10
1.1 Розробка технології відновлення шнеків ……..…..10
2. Розробка технологій та технологічного обладнання при переробці олійних культур…….……23
2.1 Моделювання процесу жаріння м’ятки в багаточанній жаровні при переробці олійної сировини…….....23
3. Розробка технологій та апаратів для очищення та контролю від забруднення поливної води, робочих та мастильних рідин…….……..23
3.1 Теоретичне обгрунтування способу контролю вологомісткості моторних олив ……...….23
4. Інноваційні шляхи забезпечення технічного сервісу аграрного виробництва…….……...33
4.1 Методика вибору засобів для діагностування сільськогосподарської техніки ……..33
ВИСНОВКИ……...38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….....40

ВСТУП

Відомо, що енергетична незалежність України - це запорука подальшого соціально-економічного розвитку держави.

Для аграрного сектора економіки ця проблема полягає в дефіциті і дорожнечі нафтопродуктів, які використовуються для забезпечення функціонування мобільної енергетики (тракторів, комбайнів тощо).

Враховуючи те, що Україна забезпечує свою потребу нафти на 85-90% за рахунок імпорту, а ціна на світовому ринку на неї постійно росте, це не могло не позначитися на критичному збільшенні собівартості сільськогосподарської продукції, зокрема продуктів харчування. Тому першочерговою проблемою нині виступає необхідність пошуку шляхів заміни нафтової сировини для виробництва пально-мастильних матеріалів на сировину з поновлювальних джерел.

В сучасних умовах джерела інформації пропонують різні способи забезпечення ізносостійкості деталей, тому виникає потреба провести пошук способів підвищення ізносостійкості деталей.

На всіх етапах розвитку сільського господарства здійснювалися і будуть здійснюватися заходи щодо удосконалення і розвитку ремонтної бази, підвищенню якості ремонту і технічного обслуговування машин і обладнання (технічного сервісу) при раціональному використанні матеріальних, трудових і фінансових ресурсів.

Основна і найважливіша задача при використанні с.г. техніки – повне використання надійності машини в процесі її експлуатації, а ремонтників – якісне відновлення надійності до оптимального рівня.

Програма досліджень

1. Спроектувати та розробити лабораторну установку для відновлення гребнів (ребра) шнеків.
2. Розробити математичну модель процесів, що відбуваються при жарінні олійної сировини в багаточаній жаровні, з урахуванням гідродинаміки м’ятки і енергії зв'язку вологи з матеріалом.
3. Провести теоретичне обґрунтування способу контролю вологомісткості моторних олив.
4. Обґрунтування блок-схеми послідовності перевірки та ліквідації несправностей обчісувального пристрою, різального пристрою обчисувального модуля.

Методика досліджень

1. Експериентальні дослідження проводилися в два етапи.

На першому етапі лабораторних досліджень експерименти проводилися на установці для наплавлення УД-209 із застосуванням інвертоного напівавтомата SSV-180-P на в якості дослідних зразків використовували полоси зі сталі Ст3.

На другому етапі проведення експериментальних досліджень проводилися на натурному зразку - шнек діаметром 125 мм, з товщиною ребра 6 мм.

Для цього установку УД-209 дообладнали напрямними з кареткою та слідкуючим пристроєм.

2. При вивченні загальних процесів руху двох фаз мезги використовується метод дослідження процесів консолідації механіки грунтів. Однак метод має бути доопрацьований до умов процесів консолідації м’ятки. Необхідно переглянути реологічні рівняння кожної фази мезги, характер взаємодії, зміни спів-

відношень фаз мезги в одиниці обсягу в часі і в робочій порожнині апарату. Важливо враховувати вплив спільних дій обробки парою і водою.

Перехід від моделювання окремих апаратів до моделювання складних схем пов'язаний зі значним збільшенням складності і розмірності розв'язуваних завдань, які характеризуються великим числом рівнянь і змінних. Тому одна з особливостей проблеми полягає у зменшенні розмірності розв'язуваної задачі, часто досягається зведенням задачі великої розмірності в деякій сукупності взаємопов'язаних задач меншої розмірності.

Проведене дослідження носить чисто теоретичний характер, розкриває ряд важливих процесів і особливостей при жарінні м’ятки в багаточаній жаровні. Робота дозволяє скласти програму експериментальних досліджень та уточнити можливість застосування методик дослідження. Для цієї мети розроблено, виготовлено та введено в експлуатацію лабораторний комплекс для дослідження процесів жаріння м’ятки і віджиму олії з отриманої мезги.

Метою експериментальних досліджень процесу наплавлення в середовищі захисних газів є визначення впливу режимів наплавлення на стан наплавленого шару, визначення оптимальних режимів шляхом аналізу експериментальних зразків.

Відповідно програмі досліджень необхідно:

- підготувати дослідні зразки;
- визначити дослідні режими наплавлення;
- підготувати прибори для дослідження та вимірювання зразків;
- провести обробку зразків відповідно експериментальних режимів;
- проаналізувати оброблені зразки, встановити залежності між параметрами наплавленого шару та режимами.

Дослідження процесу наплавлення проводились в лабораторних умовах з використанням основних наукових, математичних, статистичних, аналітичних та графічних методик, та включили в себе три етапи:

Перший етап – підготовчий, визначення дослідних зразків (матеріал, конструктивні особливості), підбір вимірювального інструменту (діапазони, точність), теоретична підготовка експериментальних режимів.

Другий етап – експериментальний, безпосереднє проведення експерименту з наплавлення в середовищі захисних газів на поверхню дослідних зразків.

Третій етап – аналітичний, проведення аналізу отриманих експериментальних результатів, обробка інформації та встановлення конкретних залежностей, формулювання висновків та рекомендацій.

Програма досліджень передбачає, вивчення впливу на формування наплавленого валика (ширина та висота) напруги дуги, величини струму, діаметра електродного дроту швидкості його подачі і переміщення дроту.

3. Теоретичне обґрунтування способу контролю вологомісткості моторних олив проводилось на підставі оцінки їх акустичних властивостей, механіко-математичних основ опису об'єкту контролю та математичної статистики.
4. Задача вибору засобів для діагностування сільськогосподарської техніки вирішується на підставі статистичних досліджень, техніко – економічного аналізу та побудові математичної моделі вибору засобів в залежності величини собівартості діагностування від пропускної здатності засобу діагностування.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Розробка технологій та технологічного обладнання відновлення елементів сільськогосподарської техніки при ремонті

1.1 Розробка технології відновлення шнеків

Шнек являє собою трубу з навитої на ній спіраллю (Рисунок 2.1). Спіраль одержують шляхом навивки сталевої стрічки, звичайно товщиною 5 мм на гвинтову оправку, яка обертається в шпинделі токарного верстата. Спіраль розтягують на трубі й приварюють. На кінці труби приварюють елементи з'єднання. З'єднання може бути шестигранним з фіксованим пальцем, шпоночно-шліцевим, різьбовим.

Порода рухається по шнеку нагору тем ефективніше, чим вище швидкість обертання шнека, тому що збільшується відцентрова сила часток породи, що переміщає їх до стінок скважини, і при контакті з нею частки переміщаються нагору. При бурінні по абразивних породах для зниження зношування шнеків на їхню зовнішню кромку навертається сталева смуга або виконується наплавлення зносостійкого матеріалу.

У результаті дії постійних знакозмінних навантажень, агресивних середовищ, механічних ушкоджень, заводського браку в буровому устаткуванні й інструменті можуть виникати неприпустимі дефекти різних форм і різновидів.

Виникнення різних ушкоджень або несправностей деталей і складальних одиниць устаткування обумовлено конструктивними, технологічними і експлуатаційні факторами.

До конструктивних факторів відносяться: конструктивне виконання деталей і складальних одиниць; матеріал деталей; величина розрахункових навантажень і характер їх впливу; величини зазорів і натягів в з’єднаннях складальних одиниць; твердість поверхневих шарів деталей; шорсткість поверхонь; вид тертя контактуючих поверхонь; спосіб змащення пар тертя й ін.

Технологічними факторами є: способи одержання заготовок; технологія обробки деталей (механічна, термічна й ін.); точність обробки; дотримання технологічних процесів при виготовленні або ремонті деталей, проведенні складальних робіт, випробувань і ін.

Експлуатаційними факторами є: режим навантаженості устаткування; інтенсивність експлуатації в часі; своєчасне проведення регламентних робіт; повнота і якість технічного обслуговування й ремонту; кваліфікація обслуговуючого персоналу; вплив зовнішнього середовища й ін.

Умовно дефекти бурового встаткування й інструмента при експлуатації можна розділити на: тріщини; розшарування металу; злам; поверхневі пори; **механічне зношування**; **зміна геометричної форми деталі**; корозія й ін.

Основним дефектом який визначає роботоздатність шнека приймається знос ребра шнека по висоті (зменшення діаметра шнека) тому, що це призводить до зменшення діаметра скважини і не дає можливість встановити обсадну трубу.

Вимірювання зносів реальних шнеків показало, що величина зносу знаходиться в діапазоні h = 3…6 мм. Згідно ГОСТ 24328-80 «Шнеки буровые и долота лопастные к ним. Типы и основные размеры» Граничні відхилення при виготовленні шнеків наступні ШБ-135^{+2} мм, ШБ-150(180)$^{+3}$ мм, ШБ-200(300)$^{+5}$ мм.

Тому при відновленні ребра вимоги до його номінальної висоти (діаметра шнека) не дуже жорсткі.

Ребро шнеків, як правило, виготовляють із сталі звичайної якості. Тому з метою підвищення зносостійкості неохідно передбачити при відновленні збільшення твердості ребра. Аналіз літературних джерел показує, що таким методом відновлення може бути наплавлювання в середовищі захисних газів.

1.1.1 Характеристика умов та методика проведення лабораторних досліджень

Дослідження проводилися на експериментальній установці до складу якої входить переобладнана установка для наплавлення УД-209 (Рисунок 1.1).

Таблиця 1.1 -Технічна характеристика установки УД-209

Розміри деталі, що наплавляється, мм:	
діаметр	25—520
довжина	не більш 1000
Маса деталі що наплавляється, кг	не більш 200
Швидкість подачі електрода, м/год	100—350
Частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$	0,06—6,58
Шаг наплавки (ступінчасте регулювання), мм	2,8—22,8
Габаритні розміри установки, мм	1620x1350x1850
Маса установки, кг	700

1 - станина; 2 - задня бабка; 3 - передня бабка із коробкою швидкостей та гітарою подач; 4-головний пульт керування; 5 - каретка із механізмом приводу; 6 – пульт керування.

Рисунок 1.1 - Загальний вид установки для наплавлення УД-209

В якості джерела живлення дуги застосований інверторний напівавтомат SSVA-180-P (Рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Інверторний напівавтомат SSVA-180-P

1.1.2 Методика проведення експериментальних досліджень

На першому етапі лабораторних досліджень в якості дослідних зразків використовували полоси зі сталі Ст3.

Наплавлення проводили в середовищі вуглекислого газу та суміші аргону та вуглекислого газу (Рисунок 1.3) електродним дротом Св-08Г2С діаметром 0,8 мм (попередні експерименти) та Нп-30ХГСА діаметром 1,2 мм (для практичного застосування) на зворотній полярності.

Рисунок 1.3 – Склад суміші захисного газу

Витрата газу регулювалася і вимірювалася газовим редуктором обладнаним ротаметром (Рисунок 1.4).

Регулювання швидкості переміщення каретки (електрода) при лінійному наплавлюванні ступінчасте і залежить від частоти обертання шпинделя і змінюється положенням важелів на коробці швидкостей згідно таблиці 1.2.

Рисунок 1.4 – Газовий редуктор з ротаметром

Таблиця 1.2 – Ряд швидкостей каретки

Положення важелів	145	146	147	148	135	136	137	138
$n_{шп}$, об/хв.	1	1,25	1,6	7,4	2	2,5	3,15	14,7
$V_{ел}$, мм/хв.	8,15	10,2	13,0	60,3	16,3	20,2	25,7	119,8
Положення важелів	245	246	247	248	235	236	237	238
$n_{шп}$, об/хв.	4	5	6,3	29,3	8	10	12,5	61,4
$V_{ел}$, мм/хв.	32,6	40,8	51,4	238,8	65,2	81,5	101,9	500

На напівавтоматі SSVA-180-P (Рисунок 4.5) виконуються наступні регулювання:

- швидкість подачі електродного дроту регулюється безступінчасто від 0,3 до 15 м/хв. (3…150 дм/хв.);
- напруга від 7,8 до 25,3 В (безступінчасто);
- функція (жорсткість джерела живлення) 1 – 4 (ступінчасто).

Рисунок 1.5 - Панель керування напівавтомата (на панелі - напруга U=21В, швидкість подачі електродного дроту Vдр = 15 дм/хв.)

Для вимірювання струму (через шунт на 300А) і напруги застосовано прилад КИ-1093 (Рисунок 1.6)

Рисунок 1.6 – Прилад КИ-1093 та шунт

Для вимірювань розмірів наплавлених валиків застосовано малий інструментальний мікроскоп ММИ-2 (Рисунок 1.7) (ширину b) та високоточний електронний штангенциркуль (висоту h).

Рисунок 1.7 - Малий інструментальний мікроскоп ММИ-2

Для проведення аналізу структури наплавленого шару використовували макроаналіз.

Макроаналіз - це аналіз макроструктури матеріалів, досліджуваної неозброєним оком або за допомогою лупи (збільшення до 30 разів). Зазвичай він є попереднім видом дослідження.

Цей метод дослідження надає обмежену інформацію про структуру матеріалу, однак, у силу його доступності і можливості одночасного вивчення великої площі виробу, він широко застосовується для контролю якості, наприклад, зварених і термічно оброблених заготовок і виробів.

За допомогою огляду контрольованої поверхні готового виробу виявляються дефекти, розташовані на поверхні виробів: це тріщини різної природи (ливарні, деформаційні, гартівні й ін.), несуцільності, неметалічні включення.

Часто навіть такий простий спосіб контролю дозволяє зробити висновок про можливість подальшого використання виробу.

Для вимірювання твердості наплавлених валиків застосовувався твердомір ТК-2 (Рисунок 1.8). Перед вимірюванням поверхня наплавленого валика вирівнювалась шліфуванням з інтенсивним охолодженням на плоскошліфувальному верстаті 3Б722.

Як вказувалось раніше, на формування наплавленого валика найбільший вплив мають напруга дуги, величина струму, діаметр електрода і швидкість подачі і переміщення дроту.

Рисунок 1.8 - Твердомір ТК-2

Враховуючи можливості експериментального обладнання в якості незмінних параметрів процесу прийняті наступні:

- функція – 4 - найжорсткіша вольтамперна характеристика джерела живлення (застосовується для зварювання і наплавлення сталей товщиною більше 3 мм);

- виліт електроду – 8 мм (згідно рекомендаціям SSVA-180-P);

- витрата газу – 8 л/хв (згідно рекомендаціям SSVA-180-P);

1.1.3 Аналіз результаті експериментальних досліджень

В процесі наплавки утворюються валики з довжиною висотою та товщиною які відрізняються відповідно до режимів, та мають наступний вигляд:

Валики, наплавлені при зміні швидкості наплавлення.

Vел=65,2мм/хв. Vел=81,5мм/хв. Vел=101,9мм/хв.

Рисунок 1.9 - Експериментально наплавлені валики при U=21 В, Vдр=15 дм/хв..

Валики наплавлені при зміні швидкості подачі дроту.

Vдр=30 дм/хв Vдр=25 дм/хв Vдр=15дм/хв

Рисунок 1.10 - Експериментально наплавлені валики при Vел =101,9 мм/хв , U=21В.

В результаті проведених попередніх експериментальних досліджень встановлено, що в якості захисного газу краще використовувати газову суміш аргону та діоксиду вуглецю. Дуга горить стійкіше і покращується зовнішній вигляд валика. Тому усі наступні експерименти виконувалися із застосуванням газової суміші 18% CO_2 та 82% Ar. Валики наплавлені при зміні напруги.

U=21В U=23В U=25В

Рисунок 1.11 - Експериментально наплавлені валики при Vел =101,9мм/хв , Vдр=15 дм/хв

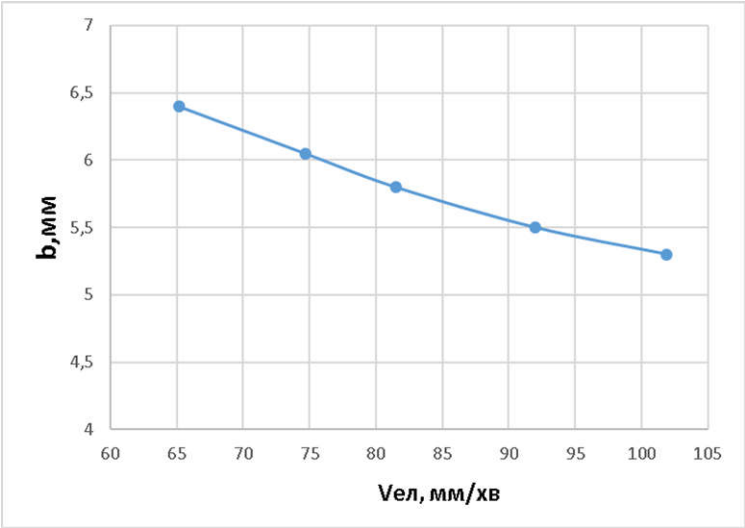


Рисунок 1.12 - Залежність ширини валика від швидкості наплавлення при U, Vдр=const

На рисунках 1.12, 1.13 наведені залежності ширини і висоти валика від швидкості наплавлення при постійній напрузі U = 21 В та швидкості подачі дроту Vдр = 15 дм/хв.

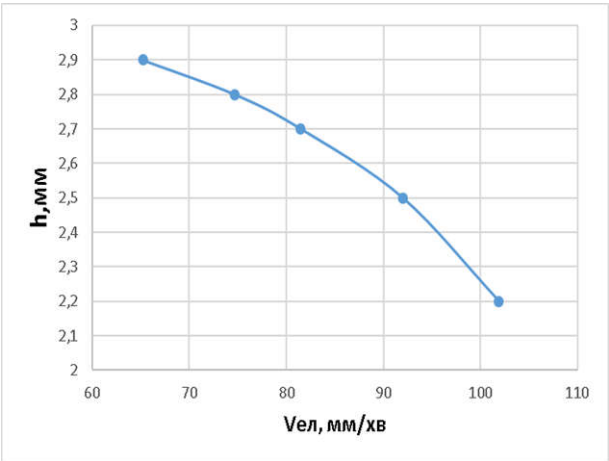


Рисунок 1.13 - Залежність висоти валика від швидкості наплавлення при U, Vдр=const

Встановлено, що зі збільшенням швидкості наплавлення ширина і висота валика зменшуються. Це пояснюється зменшенням кількості наплавленого металу на одиницю довжини поверхні. При цьому ширина змінюється незначно, а для збільшення товщини валика швидкість треба зменшувати (Рисунок 1.13).

На рисунках 1.14, 1.15 наведені залежності ширини і висоти валика від швидкості подачі дроту при постійній напрузі U = 21 В та швидкості наплавлення Vел = 101,9 мм/хв.

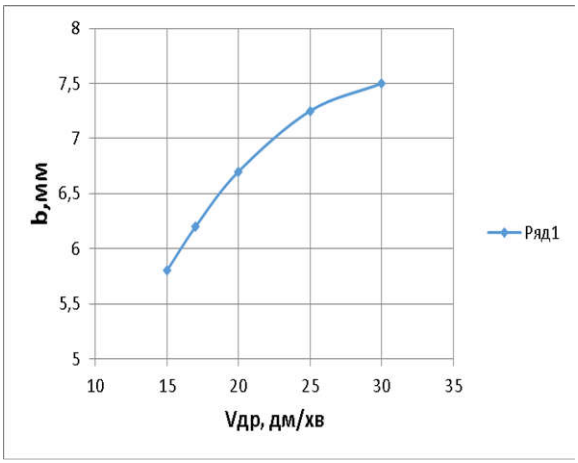


Рисунок 1.14 - Залежність ширини валика від швидкості подачі дроту при U, Vел=const

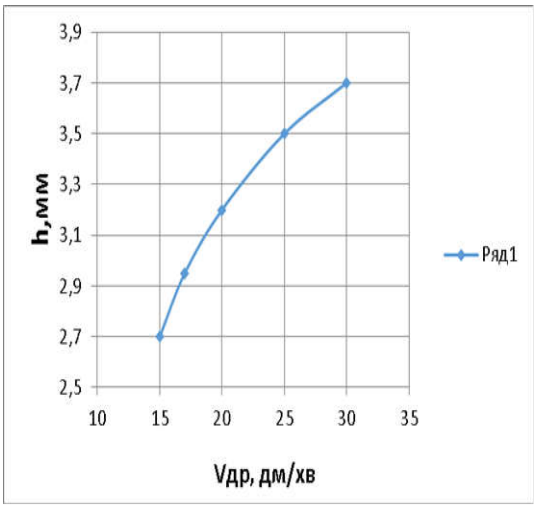


Рисунок 1.15 - Залежність висоти валика від швидкості подачі дроту при U, Vел=const

Отримані залежності показують, що зі збільшенням швидкості подачі дроту ширина і висота валика збільшуються. Збільшення подачі електродного дроту визначають поперечний профіль шва, глибину проплавлення, долю учас-

ті основного і електродного матеріалу в утворенні наплавленого валика. При збільшенні подачі електродного дроту ширина і висота валика значно збільшуються через збільшення подачі матеріалу у зону наплавки. Для отримання найбільшої висоти приймаємо Vдр = 30 дм/хв.

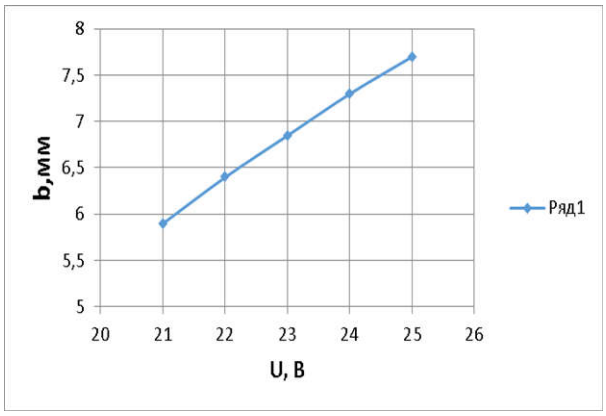


Рисунок 1.16 - Залежність ширини валика від напруги при Vел, Vдр=const

При збільшенні напруги глибина проплавлення трохи зменшується, тому що збільшується довжина дуги і її стовп стає більш рухливим. Ширина звареної ванни і, відповідно, наплавленого валика при цьому зростає (Рисунок 1.16), а висота зменшується (Рисунок 1.17). Однак зі зменшенням напруги з'являються проблеми із запалюванням дуги. В цьому разі можна рекомендувати модернізувати напівавтомат встановивши в нього вбудований осцилятор.

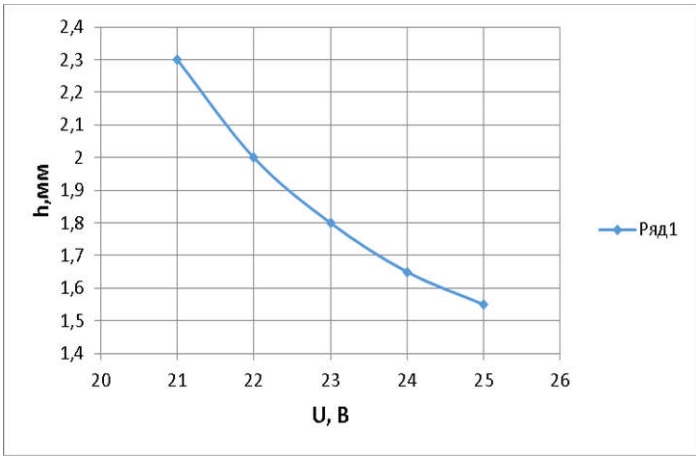


Рисунок 1.17 - Залежність висоти валика від напруги при Vел, Vдр=const

Аналізуючи отримані графіки, в якості оптимальних значень при наплавленні валиків, приймаємо наступні Vел = 70…100 мм/хв., Vдр = 30 дм/хв. при напрузі U = 23 В.

1.1.4 Експериментальні дослідження на натурному зразку

Для проведення експериментальних досліджень на натурному зразку замовником був переданий шнек діаметром 125 мм, з товщиною ребра 6 мм. Спіраль шнека виготовлена з окремих частин, які приварені до труби діаметром 48мм та зварені між собою.

В зв'язку з неможливістю надати повздовжню подачу наплавлювальної головці рівної шагу спіралі шнеку установку УД-209 дообладнали напрямними з кареткою (Рисунок 1.18) та слідкуючим пристроєм (Рисунок 1.19).

Рисунок 1.18 – Дообладнана установка УД-209 з напрямними та кареткою

Рисунок 1.19 – Слідкуючий пристрій

Попередні експерименти, на визначених раніше режимах, показали можливість застосувати для відновлення ребра шнека наплавлювання в середовищі захисних газів (Рисунок 1.20).

Рисунок 1.20 – Наплавлене ребро шнека

Однак в зв’язку з виготовленням спіралі шнеку з окремих частин шаг спіралі оказався змінний що привело, при розташування слідкуючого пристрою на сусідньому вітку спіралі, до зміщення наплавлювального дроту з центру ребра і тим самим неможливості провести наплавлення по всій ширині ребра.

Тому було прийняте рішення змінити конструкцію слідкуючого пристрою таким чином, щоб наплавлювальна головка ішла посередині ребра. З метою зменшення наліпання розплавлених часток металу дроту при розбризкуванні слідкуючий пристрій закритого типу виготовили з бронзи (Рисунок 1.21). В цілому конструкція пристрою проста і работоздатна. Однак при наплавлюванні товщин більше 2 мм іноді метал стікав по боках ребра і пристрій заклинювало. До того ж зона наплавлювання закрита для нагляду. Тому була запропонована і виготовлена ще одна конструкція пристрою відкритого типу. Принцип роботи зрозумілий з рисунку 1.22.

Рисунок 1.21 – Слідкуючий пристрій закритого типу з бронзи

Рисунок 1.22 – Слідкуючий пристрій відкритого типу

Проведені експерименти (Рисунок 4.33) показують роботоздатність конструкції.

Найкращі результати наплавлювання виявилися на наступних режимах:

- частота обертання шнека 0,315 об/хв.

або Vел = 3,14*125*0,315/1000 = 0,124 м/хв = 124 мм/хв.

- швидкість подачі електродного дроту Vдр = 30 дм/хв.
- напруга U = 23 В.
- режим інвертора 4

При цьому отримуємо товщину наплавленого валика h = 4…5 мм.

Рисунок 1.33 – Наплавлене ребро натурного шнека

Рисунок 1.34 – Розплавлене ребро

Для отримання ще більшої товщини зменшили частоту обертання шнека до 0,16 об/хв. Однако це привело до розплавлення ребра (Рисунок 1.34). З метою уникнення цього можна рекомендувати розробити та застосувати кристалізатор.

2. Розробка технологій та технологічного обладнання при переробці олійних культур

2.1 Моделювання процесу жаріння м'ятки в багаточанній жаровні при переробці олійної сировини

Однокамерні апарати киплячого і фонтануючого шару мають істотний недолік, який полягає в нерівномірності обробки окремих частинок матеріалу. Причиною такої нерівномірності є, як відомо, відмінність у часі перебування в киплячому шарі окремих часток або груп частинок сипучого матеріалу. Це погіршує умови обробки окремих частинок і зменшує загальну глибину сушіння.

З іншого боку, великий час перебування в апараті призводить до тривалого перегріву висушених частинок при максимальній температурі і до погіршення якості матеріалів, особливо термолабільних.

Найбільш простий шлях усунення цього недоліку – секціонування апарату киплячого шару. При збільшенні числа послідовних секцій частинки матеріалу більш рівномірно розподіляються по часу перебування в апараті, наближаючись до розподілу повного витіснення. Наслідком цього є більш рівномірне і глибоке сушіння матеріалу.

Тому головним завданням при моделюванні процесів жаріння є визначення геометричних розмірів апарату, оптимальне число секцій і технологічних параметрів процесу сушіння. Застосування запропонованих параметрів апарату дасть можливість отримати продукт заданої якості. Цей продукт буде мати необхідні середню вологість і дисперсію вологості $\sigma^2(u)$:

$$\sigma^2(u) = \int_0^\infty u^2 \rho(u) du - \left(\int_0^\infty u \rho(u) du \right)^2, \qquad (2.1)$$

Дисперсія вологості $\sigma^2(u)$ визначається у % від кінцевої вологості матеріалу u_k.

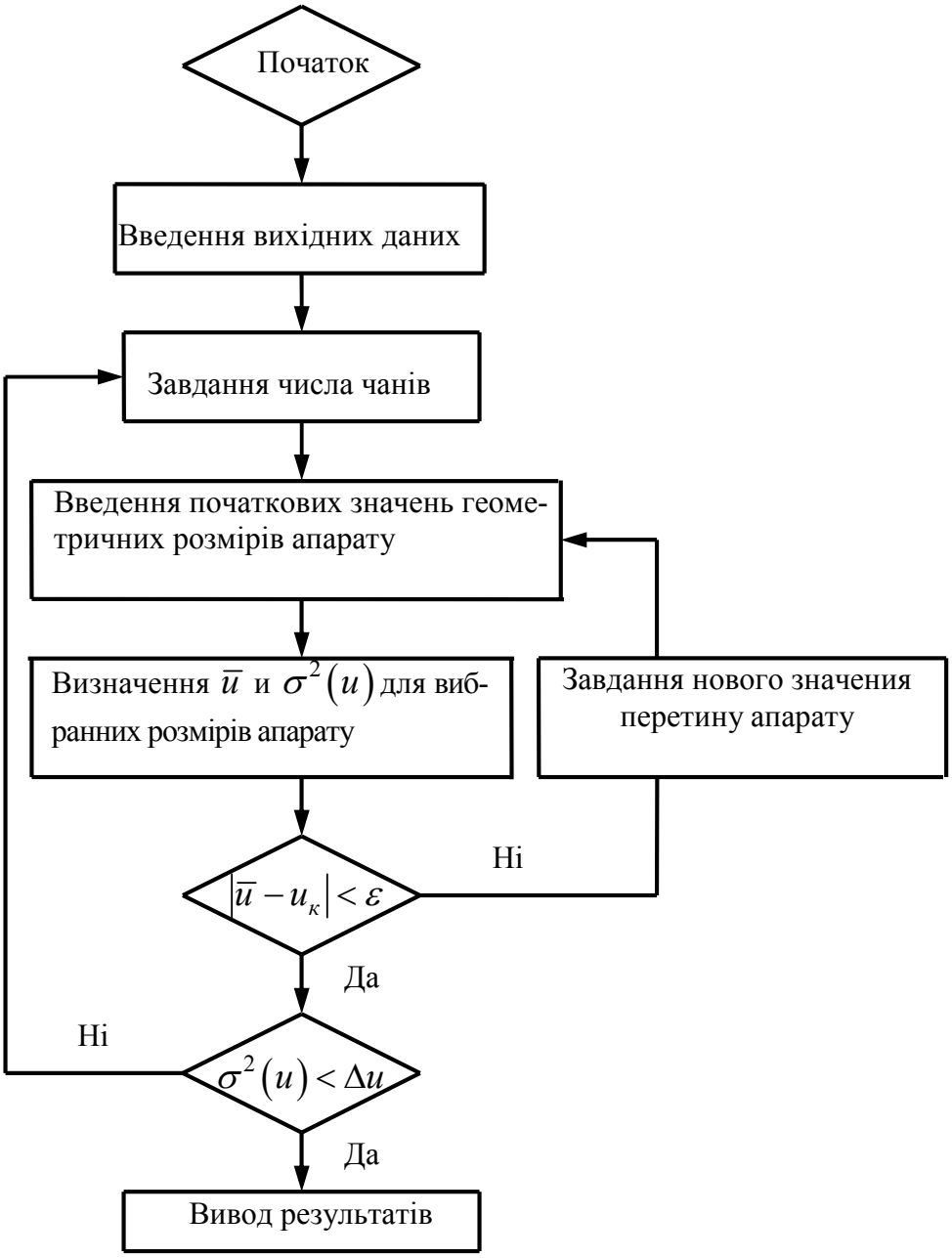


Рисунок. 2.1 - Блок-схема розрахунку безперервного процесу жаріння в багаточаній жаровні

Це положення застосовується до теорії багаточаної жаровні при жарінні насіння олійних культур. У даному випадку незалежними параметрами можуть бути тільки два: площа поперечного перерізу чана і кількість чанів. Решта повинні бути визначені або визначені з інших умов: швидкість потоку пари, температура пари на вході в апарат і висота шару. На рис. 2.1 дана блок схема для розрахунку безперервного процесу сушіння у багаточаній жаровні. На рис. 1 за-

стосовуються такі позначення: $\bar{u}, u_к$ − відповідно середня і кінцева вологість матеріалу, $\sigma^2(u)$ − дисперсія вологості; ε − допустиме відхилення абсолютної різниці вологості $|\bar{u} - u_к|$; Δu − допустиме відхилення дисперсії вологості.

В роботі кожен чан жаровні представлений як турбінна мішалка з похилими плоскими лопатками. Рух частинки по горизонтальному диску, що обертається навколо вертикальної осі, з прямими, вертикально укріпленими на ньому лопатками, розглянуто в роботі, (рис. 2.2).

На підставі доданих сил, складено диференціальне рівняння руху частинки в напрямку лопатки

$$m\,\text{о}'' = m\,r\,\text{щ}^2\cos\text{ш} - fm\,g + fm\,r\,\text{щ}^2\sin\text{ш} - 2fm\,\text{що}', \qquad (2.2)$$

де ψ − кут, укладений між радіальним напрямом і напрямом лопатки; f − коефіцієнт тертя об поверхню диска; ω - кутова швидкість; m − маса частинки мятки; r − радіус диска мішалки; ξ' −відносна швидкість переміщення частки мятки в напрямку площини лопатки; ξ'' − прискорення частинки мятки у відносному русі паралельно площині лопатки. Вихідне рівняння (2.2) подано в більш практичному вигляді:

$$\text{о}'' + 2f\text{що}' - \text{щ}^2\text{о} = r_\text{о}\,\text{щ}^2\,\frac{\cos\left(\text{ш}_\text{о} \pm \text{j}\right)}{\cos\text{j}} - fg, \qquad (2.3)$$

де ψ_0 − початкове значення кута ψ, j − кут тертя; r_0 − відстань початку лопатки від центру диска.

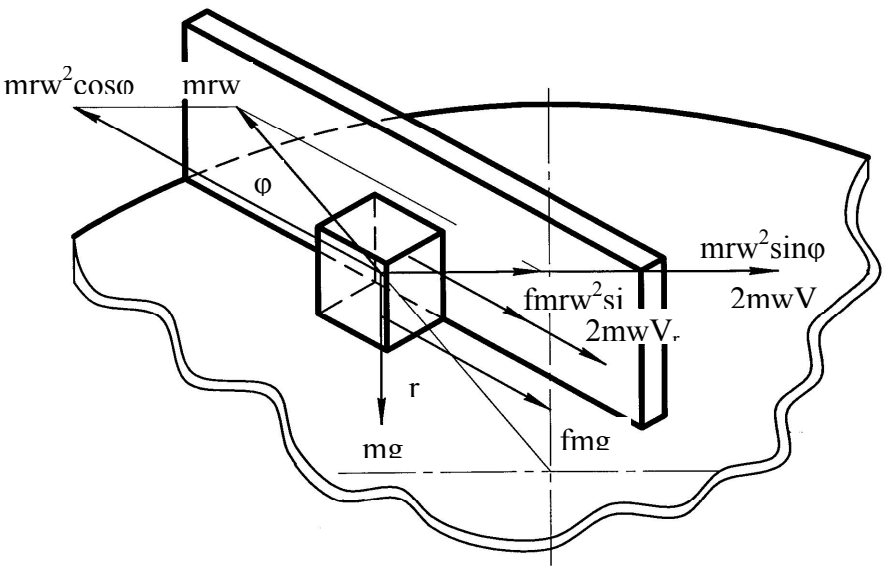


Рисунок 2.2 – Схема прикладення сил на частку м’ятки при русі по горизонтальному диску з прямими лопатками [21]

Коли лопатка нахилена вперед, необхідно застосовувати $\cos(\psi_0+j)$.

Коли лопатка нахилена назад, необхідно застосовувати $\cos(\psi_0-j)$.

Характеристичне рівняння диференціального рівняння (2.3) додаткової функції має вигляд

$$\text{л}^2 + 2f\text{щ}\text{л} - \text{щ}^2 = 0, \tag{2.4}$$

де λ_1 і λ_2 − корені характеристичного рівняння (2.4)

Рішення рівнянь (2.2), (2.3) можна записати у зручній формі для практичного використання при розрахунках:

$$r = \sqrt{\left\{\left(\frac{fg}{\omega^2} - r_0\frac{\cos(\text{щ}_0 \pm j)}{\cos j}\right)\left[\frac{1}{\text{л}_2 - \text{л}_1}\left(\text{л}_2 e^{\text{л}_1 t} - \text{л}_1 e^{\text{л}_2 t}\right) - 1\right] + r_0\cos\text{щ}_0\right\} + r_0^2\sin^2\text{щ}_0}. \tag{2.5}$$

Відносна швидкість руху частинки в напрямку лопатки

$$o' = v_0 = \left(\frac{fg}{\text{щ}^2} - r_0\frac{\cos(\text{щ}_0 \pm j)}{\cos j}\right)\left[\frac{\text{л}_1\text{л}_2}{\text{л}_2 - \text{л}_1}\left(e^{\text{л}_1 t} - e^{\text{л}_2 t}\right)\right]. \tag{2.6}$$

де t – час, с.

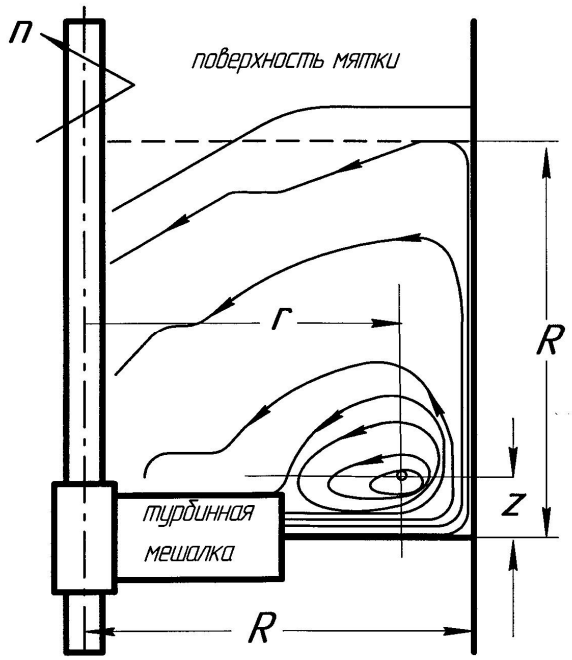


Рисунок 2.3 – Структура вторинної циркуляції потоку в турбулентній мішалці

Для проведення чисельних досліджень встановимо вихідні дані нашої математичної моделі:

– коефіцієнт тертя м’ятки насіння рицини прирівнюємо до коефіцієнту тертя ядра насіння рицини: з листової сталі f=0,35; tgφ=0,35; φ=19,29º=0,3367 рад.;

– радіус диска мішалки r=0,4 м;

– частота обертання мішалки n=21÷35 об/хв;

– висота шару м’ятки в чані H=350÷400 мм, початкове значення кута ψ_0=00÷15º .

Для оцінки роботи чана жаровні з мішалкою скористаємося поняттям окружної (периферійної) і радіально-осьової циркуляцієї. Ці параметри враховують розкладання загального потоку рідини від мішалки на два циркуляційних потоку. В цих потоках частинки рідини здійснюють рух по колах, концентричним до осі апарата, в горизонтальних площинах, перпендикулярних до осі. Та-

кож частинки рухаються у вертикальних (меридіональних) площинах, що перетинають вісь апарату.

Окружна циркуляція (звана також первинної) пов'язана з обертанням всієї маси навколо осі обертання мішалки. Структура вторинної циркуляції для турбулентної мішалки в кожному чані багаточаної жаровні представлена на рис. 3. Турбінна мішалка створює потік м’ятки, має радіальну і тангенціальну складові. На стінці жаровні цей потік пригальмовується, змінює свій напрямок на осьовий, піднімається вгору аж до вільної поверхні і звідси знову повертає в напрямку мішалки.

Таким чином, утворюються замкнуті циркуляційні петлі з центром 0. Точка 0 являє місце, в якому радіальна і осьова складові швидкості дорівнюють нулю. Для апаратів без перегородок $V=1,9V_0$.

На рис. 2.4 представлена розрахункова схема шестичаної жаровні. На рисунку приймаються такі позначення: GM − продуктивність жаровні за м’яткою, що перероблюється з початковою вологістю u_0 і її температури θ_0; t_0, x_0 − початкова температура теплоносія і його вологовміст; ε, τ, w − відповідно порознь шару, час жаріння в одному чані, середня швидкість потоку частинок м’ятки. Індекси, що застосовуються 1, 2,..., 6 відповідають номеру чана, починаючи з верхнього чана, куди надходить вихідна м’ятка.

Основним варіантом для розрахунку є лінія продуктивністю 15 т/добу, що працює 24 години на добу без попереднього відділення лушпиння. Тоді середньогодинна продуктивність лінії становить 625 кг/год. Завантаження чанів буде залежати від обраного числа чанів і від технологічного часу жаріння.

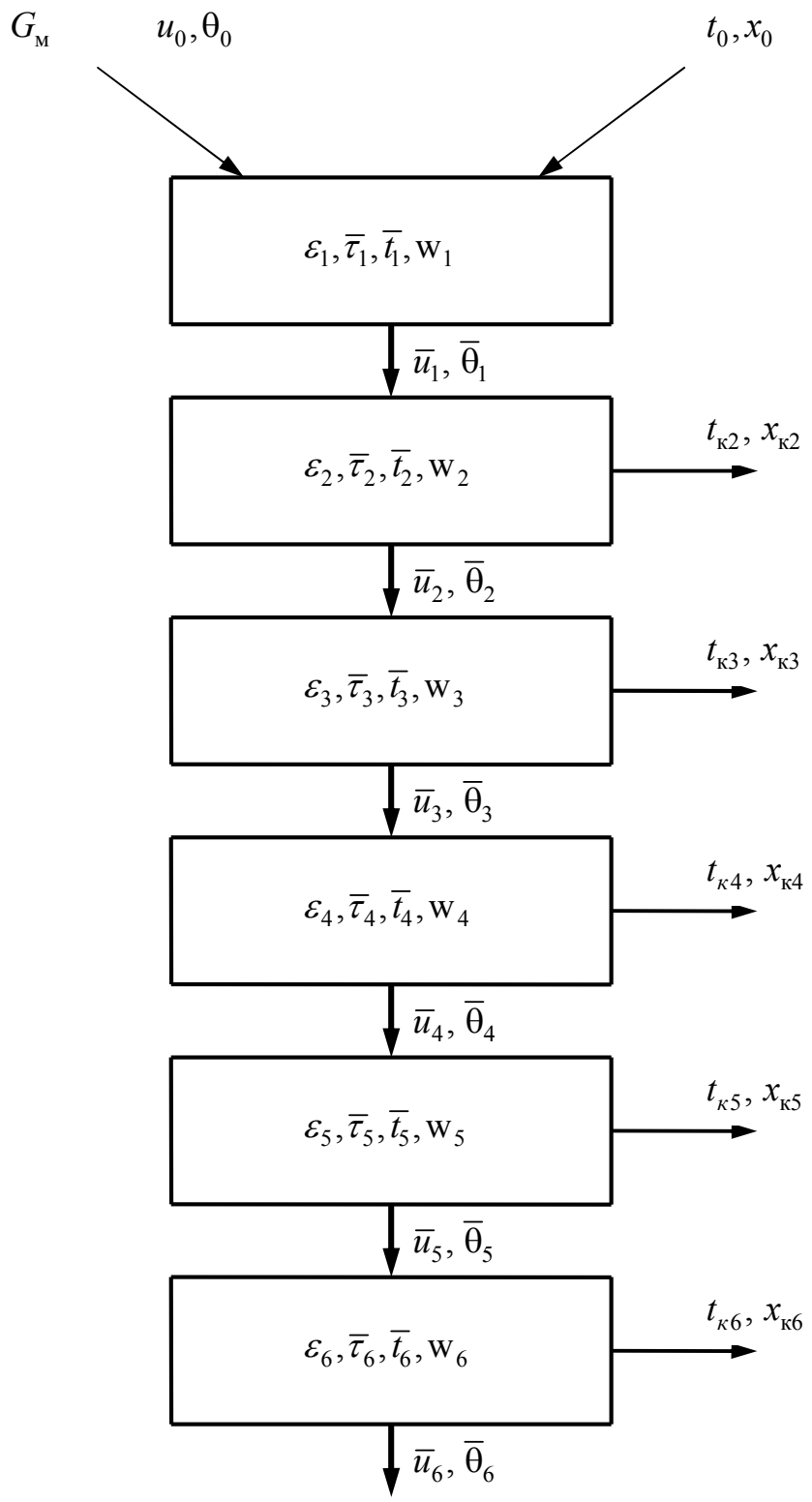


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема шестичаної жаровні

Алгоритм для багаточаної жаровні (рис. 2.4) складається з послідовного застосування розрахункових залежностей, наведених при розгляді розрахунку жаріння в кожному з чанів, що дозволяє провести розрахунок «від чана до ча-

ну». При цьому вхідними параметрами подальшого чана служать вихідні параметри попереднього.

Дискретна модель рухомого контактного шару чана

При жарінні на гарячій поверхні днища чана утворюється рухливий контактний шар. Поле температур будь-якого шару м’ятки в напрямку від контактного шару безперервно зменшується. Розподіл вологовмісту в процесі сушіння нерівномірний і несиметричний: в контактному шарі, прилеглому до гарячої поверхні мінімальний, і збільшується в напрямку від гарячої поверхні. Перепад вологовмісту всередині контактного шару створюється за рахунок пароутворення, який відбувається з різною інтенсивністю в залежності від координати шару.

Однак описати процес жаріння, точніше передачу тепло - і масообміну від нагрітої поверхні чана до вільної поверхні м’ятки з урахуванням випаровування вологи за рахунок нагріву контактним способом, можливо тільки у просторі і у часі. У просторі і у часі означає, насамперед, в якому чані за номером, починаючи з верхнього, в багаточаній жаровні розглядається процес. Якщо загальний час жаріння $\tau_ж$ і кількість чанів N, то час жаріння в одному чані $\tau_ч = \frac{\tau_ж}{N}$, де N приймає значення 1, 2,...,N.

Саме вивчення процесів у часі, який визначається швидкістю гідродинамічних потоків мезги в кожному чані у всій багаточаній жаровні, дозволяють прив'язати процеси до конкретної конструкції багаточаної жаровні.

При дослідженні гідродинаміки елементарного шару м’ятки в окремому чані n-чанної жаровні будемо розглядати окремий цикл обробки цього елементарного шару. Цикл складається з нагрівання його на гарячій поверхні днища протягом елементарного відрізку часу $\tau_н$, і часу переміщення $\tau_н$ від поверхні днища чана до вільної поверхні м’ятки. Час нагріву $\tau_н$ дорівнює часу перебування м’ятки на диску днища радіусом r і визначеного при вивченні руху м’ятки по диску з прямими лопатками. Час переміщення $\tau_н$ визначається за відомою вже осьової швидкості v_0 і висотою шару м’ятки H.

$$\tau_{H} = \frac{H}{v_{\circ}}. \qquad (2.7)$$

Для аналізу розподілу температурного поля і вологовмісту у гарячій поверхні днища чана, рухливий контактний шар представимо у вигляді дискретної моделі. Дана модель складається з елементарних шарів оброблюваного матеріалу і змінюються в елементарні проміжки часу [24]. Товстий шар мятки H уявімо як суму з n тонких елементарних i-тих верств висотою Δl (м). Час сушіння τ в одному чані розбиваємо на m елементарних j-тих прошарків довжиною, що дорівнює проміжку часу Δτ (с).

Волога, що випарувалася за рахунок нагріву м'ятки контактним способом, віддає своє тепло вище розташованим і більш холодним верствам м'ятки, частково конденсуючись на них. Водяна пара L при вході в елементарний шар i під час j має початковий вологовміст, рівний кінцевому вологовмісту (j−1) шару під час (j−1) і початкову температуру, рівну кінцевій температурі (j−1) шару під час (j−1).

Тоді вологовміст U в дискретній моделі можна описати матрицею розміру m×n, де i − номер рядка, а j − номер стовпця. А її елементи позначені через u_{ij}, знаходяться на перетині рядків і стовпців

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{m1} & u_{m2} & \dots & u_{mn} \end{bmatrix}, \quad i=1,2,\dots, m;\ j=1,2, \dots, n. \qquad (2.8)$$

Маса вологи в товстому шарі м'ятки визначиться матрицею

$$B = C \cdot U \qquad (2.9)$$

де C − вектор-рядок сухої речовини

$$C = \left[m_1 \ m_2 \ \dots \ m_m \right], \qquad (2.10)$$

де m − маса сухої речовини м'ятки в елементарному шарі i.

Середньореднеоб'ємний вологовміст м'ятки всього шару $\bar{u}$

$$\bar{U} = B / M_t; \qquad (2.11)$$

де $M_t = m_t \cdot m$ − маса сухої речовини в товстому шарі.

При аналізі теплового балансу кондуктивного та конвективного тепло - і масопереносу розглянемо три періоди процесу:

– випаровування вологи за рахунок нагріву м’ятки контактним способом;

– охолодження водяної пари до температури мокрого термометра з віддачею свого тепла оточуючим прошаркам м’ятки;

– конденсація пари при температурі мокрого термометра і передача тепла оточуючим прошаркам.

Випаровування вологи за рахунок нагріву м’ятки контактним способом. Спрощуючи основне рівняння тепло- і вологообміну для контактного сушіння на гріючій поверхні, визначимо за величиною еквівалентний коефіцієнт теплопровідності, температурний градієнт і щільність потоків тепла і вологи

$$q = -\lambda_э \cdot grad(t) = r_{уди} j, \qquad (2.12)$$

де $\lambda_э$ - еквівалентний коефіцієнт теплопровідності, що враховує і перенесення тепла пором, Вт/(м * К); grad (t) - температурний градієнт всередині матеріалу на межі зіткнення з нагрітою поверхнею, К0/м; $r_{уді}$ - питома теплота випаровування, Дж/кг; $j_{вл}$ - щільність потоку вологи, кг/(м^2 •с).

Температурний градієнт всередині матеріалу поблизу гріючої поверхні завдяки малій товщині контактного шару можна визначити за співвідношенням

$$-grad(t) = \frac{t_{гр} - t_к}{h_к}. \qquad (2.13)$$

Щільність потоку тепла, що утворюється глухою парою днища чанів, визначимо з виразу

$$q_q(\tau) = \frac{D(i-q)}{F}, \qquad (2.14)$$

де q_q (τ) − щільність потоку тепла, Вт/м^2; D − витрата глухої пари, кг/с; і − ентальпія пари, що гріє, Дж/кг; q − тепловміст конденсату, Дж/кг; F − площа днища чану жаровні, м^2.

Щільність потоку пари:

$$j_п = \frac{\frac{D(i-q)}{F} + \lambda_q \frac{dt}{dn}}{h_п}. \qquad (2.15)$$

де λ_q − коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м * К); $h_П$ − питома ентальпія пари, Дж/кг.

По співвідношенню (2.15) можна обчислити щільність потоку пари в перетинах матеріалу, розташованих поблизу гріючих поверхонь.

Охолодження водяної пари до температури мокрого термометра з віддачею свого тепла оточуючим верствам м'ятки. Для визначення вологовмісту і температури суміші пари з повітрям при виході з кожного елементарного шару складемо рівняння матеріального і теплового балансів процесу жаріння для елементарного шару.

Матеріальний баланс елементарного шару за вологою, що випаровується представимо виразом

$$L\left(\bar{x}_{fн} - \bar{x}_{fк}\right) = m_{т}\left(u_{к} - u_{н}\right), \tag{2.16}$$

де $L=L_П+L_В$ − витрата пароповітряної суміші, кг, за годину $\Delta\tau$, с; кількість повітря, що поступає в чан жаровні $L_{в} = 1{,}6\frac{p_{п}}{p_{в}}ДW$, кг, де ΔW − кількість вологи, що випаровується в чані, кг; $p_П$ − парціальний тиск пари в чані, ата; $p_{возд}$ − парціальний тиск повітря в чані, ата; $x_{fН}$, $x_{fК}$ − вологовміст пароповітряної суміші відповідно на вході в і-ому елементарному шарі і виходу з і-го елементарного шару, кг/кг в проміжок часу $\Delta\tau$ від τ_j до τ_{j+1}; $m_г$ − маса сухої речовини елементарного шару м'ятки; $u_Н$, u_k − вологовміст м'ятки відповідно на початку і кінці і-го елементарного шару, кг/кг

Тепловий баланс сушіння і-го шару в період падаючої швидкості, відповідно до закону збереження енергії

$$\begin{aligned} &Q_{сгн} + Q_{пн} + Q_{тн} + Q_{вн} = \\ &= Q_{сгк} + Q_{пк} + Q_{тк} + Q_{вк} + Q_{с} + Q_{пот}, \end{aligned} \tag{2.17}$$

де $Q_{сгн}$, $Q_{сгк}$ – тепло вихідного і відпрацьованого сухого агента; $Q_{пн}$, $Q_{пк}$ – тепло вихідної і відпрацьованої парової фази агента; $Q_{тн}$, $Q_{тк}$ - початкове і кінцеве тепло твердої фази м'ятки; $Q_{вн}$, $Q_{вк}$ - початкове і кінцеве тепло вологої фази; $Q_с$ – тепло, що затрачене на видалення зв'язаної вологи з твердою фазою м'ятки; $Q_{пот}$ - втрати тепла, Дж.

Застосовані індекси позначають наступне: сг, п, т, в, с, пот - відповідно сухий газ, пар, тверда фаза, волога, пов'язана волога, втрати тепла; індекси н, к - відповідно початковий і кінцевий стан.

$$Q_{сг} = c_{сг} L_{в} t_{i},$$

де $c_{с.г} = c_{воздуха} = 1,01$ кДж/(кг·К) (при постійному тиску)

$$Q_{п} = L_{п}\left(r_0 + c_{п} t\right) = L_{п}\left(2500 + 1,875 t\right),$$

де $c_{п} = 1,875$ кДж/(кг·К)

$$Q_{т} = c_{т} m_{т} t_{т};$$

$$Q_{в} = c_{в} \bar{u}_{т} m_{т} t_{i};$$

$$Q_{пот} = \frac{1}{18}\left(\bar{u}_{iн} - \bar{u}_{iк}\right) m_{т} R\left(273 + t_{i}\right) \ln j; \qquad (2.18)$$

$Q_{пот}$ – теплові втрати, Дж.

Після підстановки значень складових надходження і витрати тепла в рівняння (2.17), і відповідних перетворень, отримаємо температуру пари на виході з елементарного і-го шару.

$$\begin{aligned} t_{пк} = & \frac{1}{1,875 L_{пк}} \times \\ & \times\left[c_{сг} L_{в}\left(t_{iн} - t_{iк}\right) + c_{т} m_{т}\left(t_{iн} - t_{iк}\right) + c_{в} m_{т}\left(\bar{u}_{тн} t_{iн} - \bar{u}_{тк} t_{iк}\right)\right] - \\ & - \frac{1}{1,875 L_{пк}}\left[\frac{1}{18}\left(u_{iн} - u_{iк}\right) m_{т} R\left(273 + \bar{t}_{i}\right) \ln j + 2500 L_{пк}\right]; \end{aligned} \qquad (2.19)$$

де $c_{сг}$, $c_{п}$, $c_{т}$, $c_{в}$ - питома теплоємність відповідно сухого повітря, пари, сухої речовини м’ятки, води, кДж/кг · град; $\frac{1}{18}\left(\bar{u}_{iн} - \bar{u}_{iк}\right) m_{т}$ – переклад випарованої вологи в елементарному шарі в кількість молекул води; 18 - молекулярна маса води.

У м'яких умовах сушки, коли температура твердої фази (насіння) нижче 100ºС, волога переміщається під дією градієнта вологовмісту і градієнта температури. В цьому випадку загальний потік вологи можна умовно розбити на два потоки: потік обумовлений масопровідністю (вологопровідність), і обумовлений термомасопровідністю (термовологопровідність):

$$q_{m} = q_{mu} + q_{mt}, \qquad (2.20)$$

де q_m - загальний потік вологи, q_{mu} - потік, обумовлений масопровідністю; q_{mt} обумовлений термомасопровідністю.

У розгорнутому вигляді рівняння (2.20) записується таким чином:

$$q_m = -a_m \text{г}_c \cdot \text{grad}(u) - a_m \text{г}_c \text{д} \cdot \text{grad}(t), \tag{2.21}$$

де $a_m = \frac{\text{л}_m}{c_m \text{г}_c}$ – коефіцієнт потенціалопроводності речовини, м^2/год; λ_m - коефіцієнт масопровідності (вологопровідності), кг/(м·год); c_m - масоємність матеріалу, кг/кг; γ_0 - щільність сухого матеріалу, кг/м^3; - градієнт вмісту вологи, м$^{-1}$; δ - термоградієнтний коефіцієнт, 1/ºС; grad (t) - градієнт температури, ºС/м.

При негативних знаках градієнтів вологовмісту і температури рівняння (2.21), напрямок вектора потоку вологи не збігається з напрямком градієнтів і відбувається переміщення вологи з внутрішніх шарів до зовнішніх (сушка).

При позитивних знаках градієнтів рівняння

$$q_m = a_m \gamma_c \cdot grad(u) + a_m \gamma_c \delta \cdot grad(t), \tag{2.22}$$

буде відповідати переміщенню вологи від зовнішніх шарів до внутрішніх (зволоження). Це відбувається зазвичай в першому чані при зволоженні м’ятки до заданого вихідного вмісту вологи.

Для жорстких умов сушки замість рівняння (2.20) необхідно написати:

$$q_m = q_{mu} + q_{mt} + q_{mp}, \tag{2.23}$$

де q_{mp} - щільність потоку вологи, що переміщається за рахунок градієнта тиску.

Рівняння (2.23) в розгорнутому вигляді записується таким способом:

$$\frac{du}{d\tau} = a_m \frac{d^2 u}{dx^2} + a_m \delta \frac{d^2 t}{dx^2} + D \frac{d^2 p}{dx^2}. \tag{2.24}$$

При високотемпературному (> 100 ºС), жорсткому сушінні перенесення вологи здійснюється головним чином під дією градієнта тиску, а роль градієнтів вологовмісту і температури дуже малий. У рівнянні (2.23) - основна роль належить члену з тиском:

$$\frac{du}{d\tau} = D \frac{d^2 p}{dx^2}. \tag{2.25}$$

Коефіцієнт дифузії парів води в повітря визначається за формулою

$$D = D_0 \frac{P_0}{P}\left(\frac{T}{T_0}\right)^{1.5}, \qquad (2.26)$$

де D_0 − коефіцієнт дифузії парів води в повітря при нормальних умовах (T_0=273 R, P_0=101325 Па). D_0=2,2·10^{-5} $м^2$/с.

Конденсація пари при температурі мокрого термометра і передача тепла оточуючим шарам. При поступовому охолодженні вологого газу, в залежності від вмісту в ньому водяної пари, настає максимально можлива щільність водяної пари ρН, насичений стан водяної пари, при якому повітря даного стану стає насиченим і настає конденсація пари.

Для визначення вмісту вологи і температури суміші пару з повітрям при виході з кожного елементарного шару складемо рівняння матеріального і теплового балансів процесу жаріння для елементарного шару.

Матеріальний баланс елементарного шару по волозі, що випаровується представимо виразом

$$L\left(\bar{x}_{fн} - \bar{x}_{fк}\right) = m_т\left(\bar{u}_к - u_н\right), \qquad (2.27)$$

$L=L_П+L_В$ − витрата пароповітряної суміші, кг, за час Δτ, с;

Тепловий баланс сушіння і-го шару в період конденсації пари при температурі мокрого термометра, відповідно до закону збереження енергії, коли прихід тепла в жаровню має дорівнювати його витраті, матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned} &Q_{сгн} + Q_{пн} + Q_{тн} + Q_{вн} = \\ &= Q_{сгк} + Q_ж + Q_{тк} + Q_{вк} + Q_с + Q_{пот}, \end{aligned} \qquad (2.28)$$

де $Q_{сгн}$, $Q_{сгк}$ - тепло вихідного і відпрацьованого сухого агента; $Q_{пн}$, $Q_ж$ - тепло вихідної парової фази агента і відпрацьованої його рідкої фази; $Q_{тн}$, $Q_{тк}$ - початкове і кінцеве тепло твердої фази м’ятки; $Q_{вн}$, $Q_{вк}$ - початкове і кінцеве тепло вологої фази; $Q_с$ – тепло, що витрачено на видалення зв'язаної вологи з твердою фазою м’ятки; $Q_{пот}$ - втрати тепла, Дж.

За аналогією з тепловим балансом (2.17) розкриваємо значення складових (2.28)

$$
\begin{aligned}
&\mathcal{L}_{сг} c_{сг} t_{iн} + L_{п}\left(2500 + 1.875 t_{iпн}\right) + \\
&+ c_{т} m_{т} t_{iн} + c_{в} \bar{u}_{тн} m_{т} t_{iн} = \\
&= \mathcal{L}_{сг} c_{сг} t_{iк} + L_{п} c_{ж} t_{iк} + c_{т} m_{т} t_{iк} + c_{в} \bar{u}_{тн} m_{т} t_{iк} + \\
&+ \frac{1}{18}\left(u_{iн} - u_{iк}\right) m_{т} \mathcal{R}\left(273 + \bar{t}_{i}\right) \ln j + \mathcal{Q}_{пр}.
\end{aligned}
\quad , \qquad (2.29)
$$

Звідси температура на виході з *i*-го шару в період після конденсації пари

$$
t_{iк} = \frac{\left(\mathcal{L}_{сг} c_{сг} + c_{т} m_{т} + c_{в} \bar{u}_{тн} m_{т}\right) + L_{п}\left(2500 + 1.875 t_{iпн}\right)}{\mathcal{L}_{сг} c_{сг} + L_{п} c_{ж} + c_{т} m_{т} + c_{в} \bar{u}_{тн} m_{т}} -
$$

$$
- \frac{\frac{1}{18}\left(u_{iн} - u_{iк}\right) m_{т} \mathcal{R}\left(273 + \bar{t}_{i}\right) \ln j + \mathcal{Q}_{пр}}{\mathcal{L}_{сг} c_{сг} + L_{п} c_{ж} + c_{т} m_{т} + c_{в} \bar{u}_{тн} m_{т}}. \qquad (2.30)
$$

Наведені в розділі рівняння відносної швидкості руху частинок в напрямку лопатки дозволяють описати чисельно гідродинаміку первинної і вторинної циркуляції потоку м’ятки в кожному чані жаровні. У гідродинаміці первинної і вторинної циркуляції потоків м’ятки в чані жаровні з мішалкою використовуються поняття окружної (периферійної) і радіально-осьової циркуляції. Ці параметри дозволяють скласти тепловий баланс кондуктивного і конвективного тепло- і масопереносу в м’ятці з урахуванням тепла, витраченого на видалення зв'язаної вологи з твердою фазою.

Обговорення результатів дослідження процесу жаріння м’ятки

Процес вологотеплової обробки м’ятки насіння олійних культур вимагає рівномірності розподілу частинок за обсягом і за часом перебування в точках цього обсягу. Великий час перебування в одному обсязі призводить до тривалого перегріву висушених частинок при максимальних режимах і погіршення якості матеріалів. Найбільш простий вихід усунення цього недоліку - секціонування цього апарату. Вибір оптимальної кількості чанів багаточанної жаровні доцільно робити з умови заданих середньої вологості і дисперсії вологості.

Виходячи з конструктивних особливостей існуючих жаровень, кожен чан жаровні зручно розглядати як турбінну мішалку з похилими плоскими лопатками. Для створення алгоритму, що описує кондуктивний і конвективний тепло- і вологоперенос, необхідно описати гідродинаміку потоків м’ятки в чанній жаровні. Застосування існуючої теорії руху частинок по горизонтальному диску

з прямими лопатками дозволяє виконати це завдання. Загальний потік м’ятки розкладається на два основних потоки. Відбуваються рухи по концентричних колах, перпендикулярним осі апарату в горизонтальних площинах. Також частинки рухаються в вертикальних (меридіональних) площинах, що перетинають вісь апарату.

Лопаті мішалки створюють радіальну і тангенціальну складові. На стінці жаровні цей потік гальмується, змінює напрямок на осьовий. Піднімається вгору до вільної поверхні і звідси знову повертає в напрямку мішалки. Експериментальні дані по турбінним мішалок дають співвідношення між швидкістю по лопатці і осьової швидкістю по внутрішній поверхні мішалки.

Час проходження м’ятки по лопаті мішалки дозволяє описати режими кондуктивного тепло- вологообміну. Час проходження по осі чану дозволяє описати процес конвективного тепло- вологообміну.

При складанні теплового балансу конвективного сушіння м’ятки враховується тепло, витрачене на видалення зв'язаної вологи з твердою фазою, що дозволяє більш точно вести розрахунки технологічних режимів жаріння.

Недоліком роботи слід вважати відсутність розгляду питань про зрівняння стану одержуваної мезги, що зв'язує процеси жаріння і віджимання олії.

Результати проведених досліджень корисні тим, що розширюють і поглиблюють теоретичну базу процесу жаріння. Отримані закономірності можуть бути використані як при визначенні оптимальних технологічних режимів при створенні і модернізації малотоннажних підприємств, так і в олійно-жировій промисловості.

Перспективами подальшого розвитку дослідження можуть бути чисельні дослідження запропонованого математичного апарату, визначення раціональних режимів процесу жаріння, розробка технології та обладнання на малотоннажних підприємствах з переробки насіння рицини.

3 Розробка технологій та апаратів для очищення та контролю від забруднення поливної води, робочих та мастильних рідин

3.1 Теоретичне обгрунтування способу контролю вологомісткості моторних олив

3.1.1 Характеристика об’єкту контролю

Для обґрунтування способу контролю вмісту вологи в моторних оливах необхідно встановити залежності між їх показниками якості і фізичними властивостями.

Ці залежності можна отримати, якщо уявити моторну оливу, що знаходиться в акустичній вимірювальній камері у вигляді фізико-математичної моделі, яка з достатнім ступенем наближення буде відображати реальну структуру і інформативні параметри якісного стану об'єкта контролю при обраному способі її збудження. З метою розробки такої моделі наведені характеристики об'єкта контролю, його особливості та акустичні властивості.

Основну частину мінеральних олив складають складні суміші вуглеводнів різної будови та молекулярної маси. Всі вони не мають дипольний момент, тобто електроно-нейтральні.

Вони здатність утворювати надійну масляну плівку залежно від наявності в них поверхнево-активних речовин з електро-зарядженими молекулами. До таких сполук відносяться асфальтові і смолисті речовини, органічні кислоти, сірковмісні та інші речовини. В останні десятиліття мастильні властивості поліпшують за рахунок додавання в оливи зносостійких присадок.

Одним з найважливіших експлуатаційних якостей олив є його в'язкість, що характеризує величину внутрішнього тертя між молекулами рідини, при переміщенні їх під впливом зовнішньої сили. При високих навантаженнях і малих швидкостях хіммотологічні властивості олив визначаються вже не в'язкістю, а маслянистістю, що характеризує поведінки найтонших (граничних) шарів оиви, які не підкоряються законам гідродинаміки.

Здатність оливи протистояти дії кисню при визначених зовнішніх умовах прийнято називати стабільністю або протиокислювальною стійкістю. Миючі властивості (здатність мастила утримувати продукти окислення в підвішеному стані) також як і в'язкість, маслянистість і стабільність є основними константами, що характеризують експлуатаційні властивості якості олив і служать головним критерієм при проведенні їх класифікаційної оцінки. В процесі експлуатації двигуна відбувається забруднення моторної оливи. Вона розріджується пальним, водою, що потрапляють в систему змащення, забруднюється продуктами абразивного зношування, пилом.

Ряд дослідників встановили, що співвідношення речовин, що входять до складу осаду відпрацьованої оливи, як правило коливається в наступних межах [2,5]: олива–50…85%; вода – 5…35%; пальне – 1…5%; асфальтени – 0,5…2%; карбени, карбіди – 1…5%; зола – 1…5%;

Контроль цілого ряду технічних параметрів представляє дуже складну задачу, що вимагає для свого рішення розробки і створення спеціальних датчиків і пристроїв. З аналізу співвідношень речовин входять до складу відпрацьованого мастила видно, що одним із значущих параметрів є вода.

При проведенні досліджень фізичних властивостей моторних мастил з метою обґрунтування способу контролю якості та його інформативних ознак були використані два види моторного мастила: чисте (в складі поставки) і відпрацьоване.

З аналізу характеристик об'єкта контролю випливає, що об'єкт складається із рідкої фракції (мастило, вода), газоподібної (бульбашок повітря), твердої (продукти абразивного зношування). В процесі роботи двигуна фізико-хімічний склад мастила змінюється. При дослідженні методу контролю і визначенні його найбільш інформативних ознак необхідно враховувати фізико-хімічні характеристики та вид мастила (чисте, відпрацьоване).

3.1.2 Акустичні властивості об'єкту контролю

Акустичні процеси тісно пов'язані з тим середовищем в якій розповсюджується звукова хвиля. Параметри акустичної хвилі – швидкість і коефіцієнт поглинання акустичних коливань – визначаються пружними і в'язкими параметрами середовища, які в свою чергу залежать від концентрації її окремих компонентів і в тому числі від її вологості.

З огляду на той фактор, що в подальшому ми будемо розглядати середовище (олива, вода, повітря) необхідно встановити кількісні значення швидкості і коефіцієнта поглинання ультразвуку в досліджуваному об'єкті.

Швидкість ультразвуку С в оливах складає близько 1390 м/с, в прісній воді – 1430 м/с, в повітрі – 33 м/с при температурі 17ºС.

Коефіцієнт поглинання α при частоті ультразвуку 1 МГц для моторної оливи становить 130 $м^{-1}$; дистильованої води – 0, 117 $м^{-1}$; в повітрі – 69, 7 $м^{-1}$ при температурі 20ºС.

Аналізуючи числові значення швидкості і коефіцієнта поглинання ультразвуку слід зазначити, що очевидно по швидкості ультразвуку чутливість способу контролю вмісту води в моторних оливах буде дуже низька, так як різниця між оливою і водою складає 40 м/с.

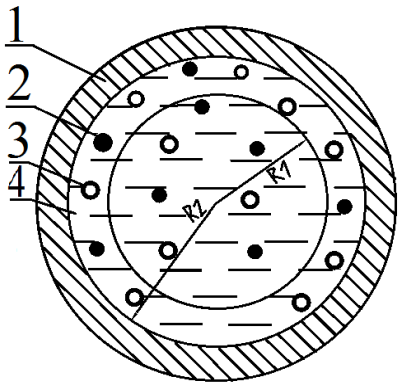
Числові значення за коефіцієнтом поглинання відрізняються на порядок. У зв'язку з цим доцільно провести математичний опис об'єкта контролю за коефіцієнтом поглинання при різних концентраціях води в моторній оливі.

3.2.3 Механіко-математичні основи опису об'єкта контролю

Вільна вода, перебуваючи в оливі у вигляді мікрокрапель, утворює водомасляну емульсію, в якій вода становить внутрішню (дисперсну) фазу, а нафтопродукт – зовнішню (дисперсійну) середу.

Розмір діаметра мікрокрапель води може знаходитися в межах 0,05 ... 15,0 мкм і вище. З плином часу, якщо не створюються умови для розчинення мікрокрапель води в нафтопродукт, вони укрупнюються і поступово осідають на дні

резервуарів, внаслідок того, що щільність води $\rho_в$ більше щільності масла $\rho_м$ [3,4]. На рис.3.1 приведена фізико-механічна модель об'єкта контролю.



1 – вимірювальна камера; 2 крапля води; 3 – бульбашка повітря; 4 – досліджувана олива; R1 – перетин ультразвукового вікна; R2 – перетин вимірювальної камери.

Рисунок 3.1 - Фізико-механічна модель об'єкта контролю

Для отримання однорідної емульсії, необхідно ретельно перемішати оливу з водою на протязі 5-10 хв. [3]. При цьому в суміші утворяться бульбашки повітря, які з плином часу будуть підніматися в верхню частину вимірювальної камери. Розглядаючи даний досліджуваний об'єкт в першому наближенні приймаємо: краплі води і бульбашки повітря після перемішування рівномірно розподілені в об'ємі контролю; краплі води мають однакові розміри; бульбашки повітря мають однакові розміри. Дані припущення практично не впливають на якість вимірів.

Розглянемо процес виділення повітряних бульбашок в верхню частину вимірювальної камери за умови, що краплі води відсутні в досліджуваному середовищі.

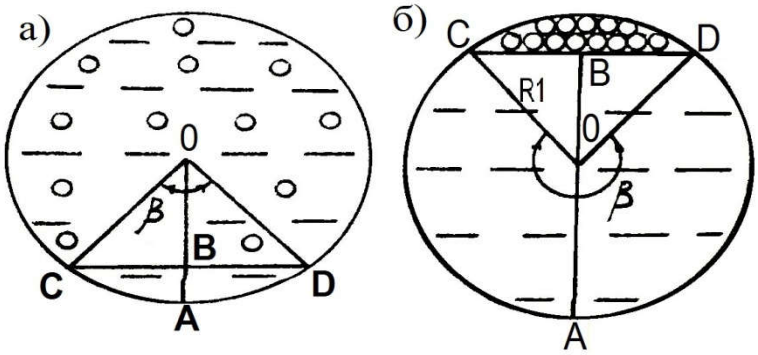


Рисунок 3.2 - Фізико-механічна модель зневодненого об'єкта контролю

Швидкість $\upsilon_п$ підйому повітряних бульбашок в дисперсійному середовищі (мастилі) описується формулою Стокса:

$$\upsilon_п = \frac{2}{9} g \frac{\rho_м - \rho_п}{\mu_м} r_п^2, \tag{3.1}$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с^2;

$\rho_м$ и $\rho_п$ – густина відповідно масла і газового середовища бульбашки, кг/м^3;

$\mu_м$ –в'язкість оливи, кг/м·с;

$r_п$ – радіус повітряних бульбашок, м.

У вихідній суміші (рис.3.2 а) після інтенсивного перемішування амплітуда прийнятого акустичного сигналу дорівнює нулю. Згодом в ніжній частини перетину ультразвукового променя з'являється вільне від бульбашок звукопрозоре вікно CAD (рис.3.2 б), з площею $S = S(\tau)$. Амплітуда прийнятого акустичного сигналу, що пройшла через досліджувану середу, пропорційно збільшується відповідно до співвідношення:

$$A = kS(\tau) \tag{3.2}$$

де k – коефіцієнт пропорційності.

Вид функції $S = S(\tau)$ знайдемо з розгляду рис.3.2.а і рис.3.2.б:

$$\left.\begin{aligned} S &= \frac{\beta}{2} R1^2 - (R1 - X_п) R1 \sin\frac{\beta}{2} \\ \beta &= 2arc\cos\frac{R1 - X_п}{R1} \end{aligned}\right\} \quad \text{для} X_п < R1, \tag{3.3}$$

$$\left.\begin{aligned} S &= \frac{\beta}{2} R1^2 + (X_п - R1) R1 \sin\frac{\beta}{2} \\ \beta &= 2\Pi - 2arc\cos\frac{X_п - R1}{R1} \end{aligned}\right\} \quad \text{для} X_п > R1, \tag{3.4}$$

де $X_п$=АВ–висота звукопрозорого вікна; R1=D/2 = 0,01 м.

Його величина дорівнює:

$$X_п = \vartheta_п \cdot \tau, \tag{3.5}$$

де τ – час спостереження з початку акустичного просвітлення.

Повний час акустичного просвітлення (час підйому повітряних пухирців) визначається за виразом:

$$\tau_п = D/\vartheta_п \qquad (3.6)$$

де D – діаметр електроакустичних перетворювачів (діаметр акустичного променя) D = 0,02 м.

Вираз (3.1) дозволяє визначити швидкість руху дисперсної фази, вираз (3.6) час виходу бульбашок повітря з досліджуваного зразка мастила в верхню частину камери, а система рівнянь (3.1 ... 3.6) дає можливість оцінити час спостереження.

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків для чистих і відпрацьованих зневоднених моторних олив

Оцінюваний параметр	Чиста моторна олива	Відпрацьована моторна олива
$\mu_м$ – в'язкість оливи, кг/м·с	0,11	0,17
$\rho_м$ – густина оливи, кг/м^3	910	910
$\rho_п$ – густина повітряної бульбашки, кг/м^3	1,29	1,29
$\upsilon_п$ – швидкість підйому бульбашок, м/с	$1{,}6\cdot10^{-2}$	$1{,}1\cdot10^{-2}$
$\tau_п$ – повний час підйому бульбашок, хв.	20	31
$r_п$ – радіус бульбашок, м	$3\cdot10^{-5}$	$3\cdot10^{-5}$

За формулами (3.1 ... 3.5) визначаємо залежність амплітуди прийнятого сигналу від часу спостереження для чистої і відпрацьованої моторної оливи.

Коефіцієнт поглинання ультразвуку α пов'язаний з амплітудою А прийнятого акустичного сигналу співвідношенням [1, 3]:

$$\alpha = \frac{K^* - \ln A}{L}, \qquad (3.7)$$

де K^*– величина, постійна для даної установки, при з даній частоті ультразвуку, величиною акустичної бази камери і коефіцієнта посилення підсилювача;

$A = A^*/K^*$– амплітуда прийнятого сигналу, виражена в умовних одиницях;

L – акустична база для камери.

Значення констант K^*і Lможуть бути задані при проектуванні установки. Для визначеності подальших оцінок нами були обрані наступні значення: K = 8,436; L = 0,1м. У таблиці 3.2 наведені результати розрахунків числових значень $X_п$; β; S; sinβ/2; A/K; α для чистої моторної оливи.

Таблиця 3.2 - Результати розрахунків числових значень $X_п$; β; S; sinβ/2; A/K для чистої моторної оливи

r,c	$X_п$	β	sinβ/2	S, мм^2		A/Кум. од.	α, м$^{-1}$
1	2	3	4	5		6	7
0	0	0	0	0		0	-
100	1,6	1,15	0,54	57,5	-45,4	12,1	583
200	3,2	1,65	0,73	82,5	-49,6	32,9	484
300	4,8	2,05	0,85	102,5	-44,2	58,3	428
400	6,4	2,4	0,93	120	-33,5	86,5	390
500	8,0	2,74	0,98	137	-19,6	117,4	360
600	9,6	3,06	1,01	153	-4	149	336
700	11,2	3,38	0,99	169	+11,9	181	317
800	126,8	3,7	0,96	185	+26,9	212	302
900	14,4	4,05	0,90	202,5	+39,6	242	289
1000	16,0	4,42	0,8	221	+48	269	278
1100	17,6	4,86	0,65	243	+49,4	292	270
1200	19,2	5,47	0,39	273	+35,9	309	265

У таблиці 3.3 наведені результати розрахунків числових значень $X_п$; β; S; sinβ/2; A/K; α для відпрацьованої моторної оливи.

Таблиця 3.3 - Результати розрахунків числових значень $X_п$; β; S; sinβ/2; A/K для відпрацьованої моторної оливи

r,c	$X_п$	β	sinβ/2	S, мм^2		A/Кум. од.	α, м$^{-1}$
0	0	0	0	0		0	-
200	2,2	1,35	0,62	67,5	-48,36	19,1	539
400	4,4	1,95	0,83	97,5	-56,5	50,7	442
600	6,6	2,45	0,94	122,5	-31,96	90,5	385
800	8,8	2,9	0,99	1845	-11,86	133,1	347
1000	11	3,34	0,99	167	+9,9	176,9	320
1200	13,2	3,79	0,95	189,5	+30,4	219,9	289
1400	15,4	4,28	0,84	214	+45,36	259,4	282
1600	17,6	4,87	0,65	243,5	+49,4	292,9	270
1800	19,8	5,88	0,2	294	+19,6	313,6	263

Залежності коефіцієнта поглинання ультразвуку від часу на чистій і відпрацьованій моторній оливі при відсутності концентрації води наведені на рис.3.3.

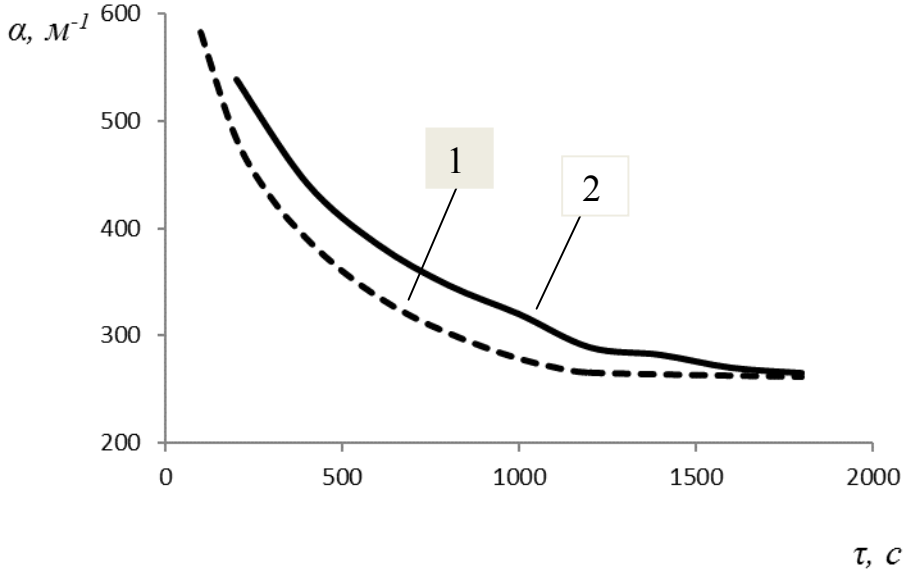


Рисунок 3.3 - Залежності коефіцієнта поглинання ультразвуку α від часу проведення вимірювання τ на чистій та відпрацьованій зневодненій моторній оливі

4. Інноваційні шляхи забезпечення технічного сервісу аграрного виробництва

4.1 Методика вибору засобів для діагностування сільськогосподарської техніки

4.1.1 Обґрунтування інженерних методів прогнозування стану сільськогосподарської техніки

Рисунок 4.1 – Схема визначення працездатністі комбайну обчисувального типу

Блок-схеми послідовності перевірки та ліквідації несправностей агрегату розроблялися за параметрами технічного стану та діагностичними параметрами на підставі розробленої схеми визначення працездатності машини.

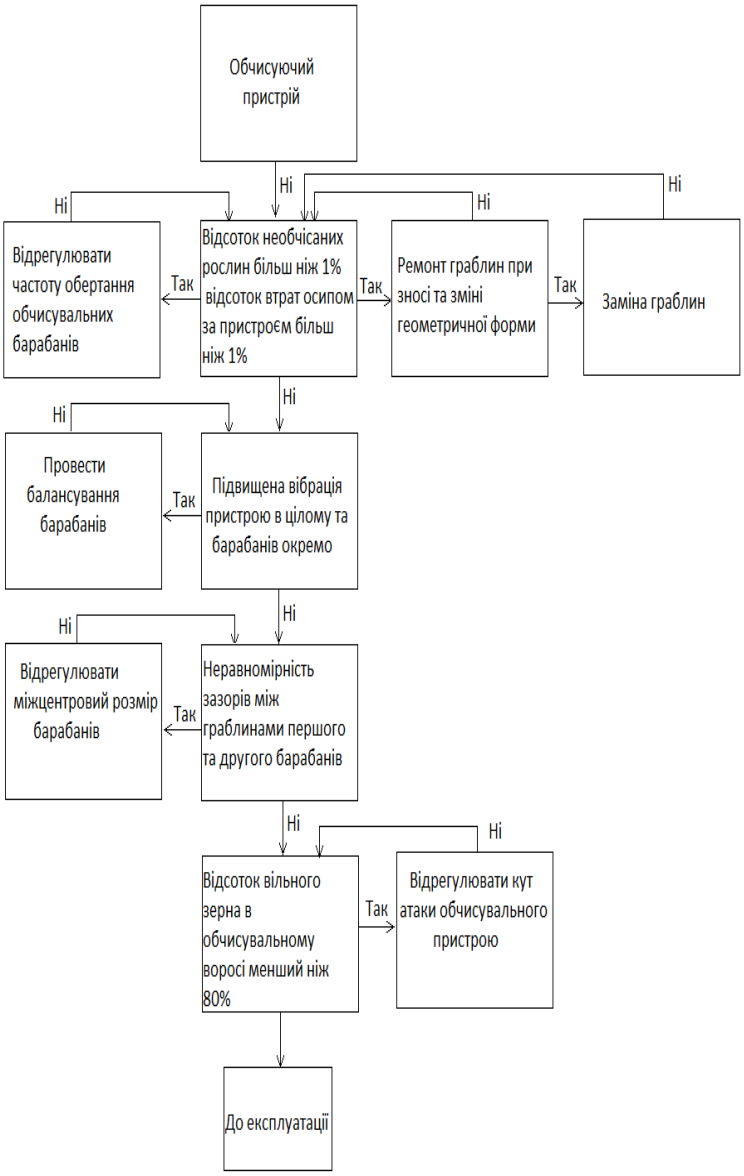


Рисунок 4.2 – Блок-схеми послідовності перевірки та ліквідації несправностей обчисувального пристрою

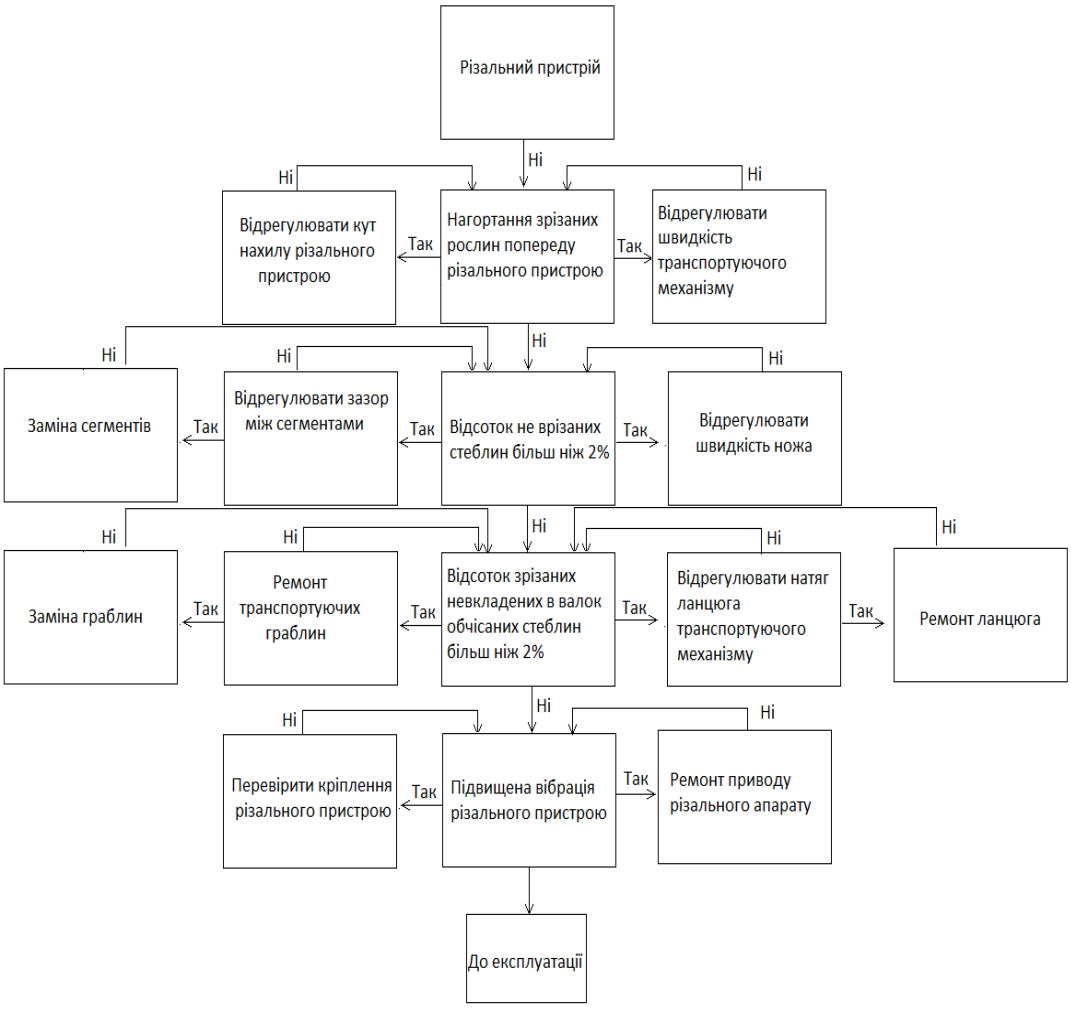


Рисунок 4.3 – Блок-схеми послідовності перевірки та ліквідації несправностей різального пристрою обчисувального модуля

4.1.2 Обґрунтування економічних розрахунків для парку в 10 комбайнів, що підтверджують доцільність організації постів діагностування з використанням досконалих методів прогнозування.

З отриманих результатів можна зробити висновки, що при проведенні діагностування, на підставі якого виконується повнокмплектний ремонт комбайнів, за рахунок відремонтованих комбайнів, скорочується потреба в нових комбайнах. Річний економічний ефект (E_p) від організації ремонту всіх комбайнів, які цього потребують, буде від скорочення поставок нової техніки. Його можна визначити за формулою:

$$E_p' = З_б - З_р, \qquad (4.1)$$

де $З_б, З_р$ - відповідно, річні витрати на поповнення парку при безремонтному варіанти та при ремонті.

Складові формули (4.1) визначаються наступним чином:

$$З_б = З_н + П_б, \qquad (4.2)$$

де $З_н$ - витрати на придбання нових комбайнів в безремонтному варіанті;

$П_б$ - втрати, пов'язані зі списанням комбайнів, які не відпрацювали встановлений строк служби.

$$З_р = N_р C_в + C_н N_н, \qquad (4.3)$$

де $N_р$ - кількість комбайнів, які потребують ремонту;

$C_в$ - виробнича собівартість ремонту комбайнів;

$C_н$ - вартість нового комбайну;

$N_н$ - кількість нових комбайнів, які необхідні для поповнення парку

$$З_н = C_н N_{нб}, \qquad (4.4)$$

де $N_{нб}$ - кількість нових комбайнів, які необхідні для поповнення парку в безремонтному варіанті.

$$П_б = N_р C_0, \qquad (4.5)$$

де C_0 - залишкова вартість комбайнів, який не відпрацював встановлений строк служби.

Підставляючи в формулу (6.1), отримуємо:

$$E_p' = C_н N_{нб} + N_р C_0 - N_р C_в + C_н N_н$$

звідки:

$$E_p' = C_н (N_{нб} + N_н) - N_р (C_0 + C_в), \qquad (4.6)$$

Значення $C_н$ по кожному виду комбайнів береться з каталогу. Величина залишкової вартості комбайнів (C_0) визначається з значення оптової ціни нових комбайнів ($C_н$) та величин доремонтного наробітку за формулою:

$$C_0 = C_н(1 - K), \quad (4.7)$$

де K - відношення доремонтного ресурсу до запланованого строку служби комбайнів, K = 0,5...0,6.

Для находження $N_{нб}$, $N_н$ необхідно знати заплановане розширення існуючого парку кожного виду комбайну. Експериментальним шляхом встановлено, що розширення парку кожної групи комбайнів складає 2...6%.

Кількість комбайнів, які потребують ремонту ($N_р$), визначається виходячи з наявності їх в експлуатації та потоку заявок на ремонт (λ), λ = 1,3...1,4.

$$N_р = N_E \cdot \lambda, \quad (4.8)$$

Всі необхідні значення зведені в таблиці 4.1 на прикладі десяти комбайнів обчисувального типу.

Таблиця 4.1 – Значення складових для визначення економічного ефекту

Марка машини	Складові						
	$N_{нб}$, шт.	$N_н$, шт.	$N_р$, шт.	$C_н$, грн.	C_0, грн.	$C_в$, грн.	$E_р'$, т.грн.
Комбайн обчісувального типу	10	3	14	253800	141000	36257	2655

ВИСНОВКИ

1. Проведені лабораторні експерименти по наплавленню ребра натурного шнека діаметром 125 мм на дообладнаній установці УД-209 показали роботоздатність конструкції. Найкращі результати наплавлювання виявилися на наступних режимах:

- частота обертання шнека 0,315 об/хв.

або Vел = 3,14*125*0,315/1000 = 0,124 м/хв = 124 мм/хв.

- швидкість подачі електродного дроту Vдр = 30 дм/хв.
- напруга U = 23 В.
- режим інвертора 4

При цьому отримуємо товщину наплавленого валика h = 4…5 мм.

2. Розроблено математичну модель гідродинаміки руху частинок м'ятки в чані жаровні як єдиний процес переміщення потоків м'ятки по горизонтальним концентричним колам і вертикальним (меридіанними), що перетинають вісь чана. Гідродинаміка дозволяє визначити час руху частинок м'ятки по обігріваємому днищу чана і в напрямі осі чана. Час проходження м'ятки по лопаті мішалки дозволяє обґрунтувати режими кондуктивного тепло- вологообміну.

3. Значення коефіцієнта поглинання ультразвуку α становлять: на чистій оливі в інтервалі 200 ... 1000 сек. – в межах 484 ... 278 $м^{-1}$, а на відпрацьованій оливі при аналогічному інтервалі – 539 ... 320 $м^{-1}$.

4. Проведені економічні розрахунки для парку в 10 комбайнів підтверджують доцільність організації постів діагностування з використанням досконалих методів прогнозування. Річний економічний ефект від втілення запропонованих заходів складає 2655 т.грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 24328-80. Шнеки буровые и долота лопастные к ним. Типы и основные размеры. –М.: Изд-во стандартов, 1980 - 6 с.
2. Грановский А.В., Чигарев В.В., Макаренко Н.А., Кондрашов К.А., Кущий А.М. Восстановление шнеков экструдеров плазменной наплавкой разнополярно-импульсным током http://eir.pstu.edu/bitstream/handle/123456789/1414/%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%81%D1%82%2013_40.pdf?sequence=1.
3. Дидур, В. А. Технология переработки семян клещевины на малотоннажных предприятиях [Текст] / В. А. Дидур, В. А. Ткаченко // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Мелітополь: Копіцент «Документ-сервіс». – 2014. – Вип. 4.– С. 21 – 35.
4. Дидур, В. А. Математическая модель кондуктивного и конвектив-ного тепло- и массопереноса в многочанной жаровне [Текст] / В.А. Дидур, В.А. Ткаченко, А.В. Ткаченко, В.В. Дидур // Вісник Українського відділення Міжнарод-ної академії аграрної освіти – Мелітополь: Копіцент «Документ-сервіс», 2016. – Вип. 4. – С.14-31.
5. Дидур, В. Математическая модель процесса подготовки масличного сырья в многочанной жаровне [Текст] / В. Дидур, В. Ткаченко, А. Ткаченко, В. Дидур // MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture an international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. LUBLIN – RZESZÓW, 2016. – Vol. 18, No 1. – С.29-36.
6. Дидур, В. А. Термодинамические характеристики элементов семян подсолнечника [Текст] / В. А. Дидур, А. В. Ткаченко // Науковій вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 251. – С.19 – 30.
7. Дідур В. А. Ультразвуковий аналізатор моторного масла/ В. А. Дідур, Д. П. Журавель, Р.В. Кушлик // Праці Таврійської державної агротехнічної академії :

наук. фах. видання / ТДАТА; відп. ред. В. А. Дідур. – Мелітополь, 2006. – Вип. 42, - С. 137-141.

8. Журавель Д.П. Обробка біодизеля ультразвуком/Д.П. Журавель// Праці ТДАТУ.- Вип. 15.т.2 – Мелітополь, 2015 .- С. 181-184.

9. Шабанов П.А. Уборка зерновых культур очесыванием растений на корню / П.А.Шабанов, Н.Н. Данченко, И.К. Голубев, А.Н.Шокарев. – АПК. Достижения науки и техники, – 1990. - №2. – С.15-18.