

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
магістр

на тему: «Удосконалення конструкції шнекового пресуючого механізму»

КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМмд_22
ГУЛАК Олег

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОСТЕНКО Олена

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Актуальність теми. Підвищення ефективності виробництва, створення сучасних технологій і машин нового покоління є одними з факторів, що забезпечують стабільну роботу підприємств переробних галузей [2].

Комбіновані корми, складені на основі макухи олійних культур, є одними з основних видів кормів в раціоні сільськогосподарських тварин і розробка та конструювання обладнання, заснованого на останніх досягненнях науки і техніки, для фермерських господарств та міні-заводів має актуальне значення.

Одним з основних постачальників якісної макухи в комбікормовій промисловості є олійно-жирова галузь. Найважливіша продукція галузі - цінні білкові матеріали, макуха та шроти, використовувані для забезпечення протеїнової і амінокислотної поживності комбікормів. Основною сировиною отримання даної продукції служать насіння соняшнику, сої, використовувані в незначних кількостях насіння ріпаку, льону, рицини та інших культур, а найважливішим видом устаткування, яке застосовується при стандартних методах переробки олійної сировини (пресуванні і форпресуванні), є олійновіджимні шнекові преси, якими віджимається до 80% олії [2].

Застосовувані в даний час стандартні способи отримання якісних компонентів комбінованих кормів і рослинних олій відрізняються тривалістю підготовчих операцій, підвищеними енерговитратами і наявністю канцерогенних речовин, одержуваних в процесі виробництва, які негативно впливають на якість кінцевих продуктів. Одним із способів зменшення розглянутих вище явищ, є спосіб холодного пресування олійної рослинної сировини. Даний спосіб дозволяє отримувати основний і допоміжний продукти без попереднього подрібнення, термічної обробки і з меншими енерговитратами.

Насіння і продукти їх переробки крім олії і білка містять багатий комплекс біологічно активних речовин, таких як вітаміни і провітаміни, фосфатиди, мінеральні солі та ін. Однією з цілей процесу переробки насіння є

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збереження всіх цих речовин, підвищення якості продукції - рослинної олії і макухи. Одним із методів визначення якості готової продукції є реологічні методи (структурно-механічні властивості).

Реологічні методи в промисловості застосовуються не тільки в традиційних випадках, таких, як вивчення фізичних величин і розрахунок руху продуктів в робочих органах машин, але і з метою зменшення споживаної потужності, як окремої машини, так і технологічної лінії в цілому для управління або отримання заздалегідь заданих технологічних характеристик. Обидва напрямки мають істотне значення у вдосконаленні техніки і технології. При цьому головним завданням є вивчення та визначення значень структурно-механічних характеристик в широкому діапазоні зміни основних визначальних технологічних, механічних та інших параметрів [16].

Реалізація досліджень методами інженерної фізико-хімічної механіки дозволяє стабілізувати вихід виробів, отримувати готові продукти постійної, заданої якості, науково обґрунтувати поняття якості продуктів, розраховувати, удосконалювати і інтенсифікувати технологічні процеси, «конструювати» ті чи інші види продуктів.

В даний час виконано велику кількість експериментальних і теоретичних досліджень, отримано ряд розрахунково-теоретичних рівнянь, однак, на сьогоднішній день недостатньо вивчені питання практичної придатності методів розрахунку потужності сил корисного опору шнекових прес-екструдерів при пресуванні олійної сировини, тому проектування і створення високопродуктивних пресів, пошук шляхів зниження енергоємності процесу є актуальним завданням.

Мета роботи – підвищення продуктивності шнекового прес-екструдера та зниження енергоємності процесу екструдювання.

Завдання досліджень:

1. Розробити математичну модель оптимізації процесу екструдювання з віджиманням рідкої фази.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Дослідити вплив конструктивно-режимних параметрів пресуючого механізму та формуючого вузла на процес екструдювання олійної сировини

3. Розробити конструктивно-технологічну схему шнекового пресуючого механізму олійновіджимного пресу.

4. Розробити конструкцію формуючого вузла прес-екструдера.

Об'єкт розробки – процес екструдювання олійної сировини в одношнекових прес-екструдерах.

Предмет розробки – конструктивно-режимні параметри шнекового пресуючого механізму олійновіджимного пресу.

Методи досліджень – експериментально-теоретичні методи, методи математичного моделювання із застосуванням ЕОМ.

Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні оптимальних параметрів процесу екструдювання рослинної сировини із застосуванням удосконаленої конструкції пресуючого механізму олійновіджимного пресу, який дає можливість пресування без попередньої підготовки (попередньої вологотеплової обробки і попереднього подрібнення), що призводить до зниження енерговитрат. Розроблений формуючий вузол прес-екструдера дозволяє покращити віджим олії.

Новизна теоретичного дослідження полягає в застосуванні технології математичного моделювання до процесу екструдювання олійної рослинної сировини; обґрунтуванні залежності ККД пресуючого механізму прес-екструдера від параметрів шнеку (осьової товщини гвинтової лопаті шнека, кроку гвинтової лопаті шнека, глибини шнекового каналу).

Практичну цінність мають оптимальні режимні параметри процесу екструдювання; технічні рішення конструкції запропонованого шнекового пресу та формуючого вузла прес-екструдера.

На захист виносяться такі питання:

- конструктивно-технологічна схема шнекового пресуючого механізму олійновіджимного пресу;
- схема конструкції формуючого вузла;

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- результати експериментальних досліджень впливу конструктивно-режимних параметрів пресуючого механізму та формуючого вузла на процес екструдювання олійної сировини.

Публікації:

1. Костенко О.М., Дрожчана О.У., Гулаг О.С. Реологічна модель пресованого матеріалу: матеріали І Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції *Нові технології і обладнання харчових та переробних виробництв* (Полтава, 19-20 квітня 2023 року) Полтава: ПДАУ, 2023. С. 109-113

2. Костенко О.М., Дрожчана О.У., Гулаг О.С. Тенденції розвитку технології віджиму олії: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції *Інноваційні аспекти систем безпеки праці, цивільного захисту та захисту інтелектуальної власності* (Полтава, 23-24 березня 2023 року) Полтава: ПДАУ, 2023. С. 189-191.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Тенденції розвитку технології віджиму олії

Попереднє знімання олії шнековими пресами є одним з основних процесів в технології вилучення рослинних олій. Більше 75% найбільш цінної харчової олії виробляється з олієвмісного матеріалу пресуванням. У зв'язку з цим розробці методів розрахунку технологічних трактів пресів з метою підвищення їх продуктивності та оптимізації процесу віджиму завжди приділялася велика увага [10].

У сучасній технології виробництва рослинних олій пресування як спосіб вилучення олії з насіння найчастіше передує остаточному знежиренню матеріалу органічним розчинником - екстракції. Тільки в порівняно невеликих обсягах використовують чисто пресовий віджим олії [11].

Подрібнені олійне насіння (м'ятку) після вальцевого верстата піддають вологотепловій обробці.

Це обумовлено тим, що олія, розподілена в м'ятці у вигляді тонких плівок на поверхні подрібненого ядра, утримується поверхневими силами, величина яких набагато більше тисків, що розвиваються кращими пресами, застосовуваними для виробництва олії.

Для ефективного вилучення олії з м'ятки необхідно подолати поверхневі сили, які утримують олію. Цій меті служить вологотеплова обробка м'ятки - приготування мезги, або обсмажування, яке є важливою технологічною операцією стандартної технології віджиму, для підготовки м'ятки до вилучення олії.

Під дією вологи олія в м'ятці переходить у відносно вільний стан.

Зволожена м'ятка, яка містить велику кількість води, є дуже пластичним матеріалом, і якщо її направити в такому вигляді в прес, то вона не буде чинити опору пресуючій дії в пресі і олія не відпресується. Щоб віджати олію, необхідно надати м'ятці жорсткість, зменшивши її пластичність. Для цього

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно знизити її вологість і одночасно змінити фізико-хімічні властивості складових її компонентів. Це досягається дією тепла на зволожену м'ятку.

Ефект пресування (глибина віджиму олії) обумовлений параметрами готової мезги - температурою, вологістю і досягнутою під їх дією глибиною денатурації білкових речовин, що визначають фізико-механічні властивості мезги, що надходить в прес [11].

В даний час для отримання олії з застосуванням тиску використовують тільки шнекові преси. Раніше широке поширення мали гідравлічні преси, в яких за допомогою напірної рідини в циліндрі преса створювався тиск до 60 Па. Однак гідравлічні преси мали безліч недоліків: завантаження і розвантаження здійснювалося вручну; періодичність роботи; застосування прес сукна, що помітно підвищує собівартість олії; наявність великої кількості допоміжної апаратури (насоси, акумулятори, формовки і т.ін.); відносно висока олійність макухи (7-8%), що призводить до великих втрат олії в процесі виробництва. Механічні шнекові преси, не мають зазначених недоліків [12].

Передовим напрямком в технології вилучення олії є технологія холодного попереднього віджиму шнековими олієвіджимними пресами.

За цією технологією знімання олії відбувається при низьких значеннях температур, вологості і тисків. Дана технологія дає можливість отримувати до 75-85% високоякісної харчової рослинної олії, а також макухи без глибоких денатураційних змін білкових речовин. Наслідком попереднього знімання олії є різке скорочення нераціональних витрат коштів на його подальшу рафінацію і втрат олії у виробництві.

Так, активна робота в цьому напрямку проводиться в Німеччині, фірмою «Thyssen» запропонована конструкція машини відповідної технології холодного віджиму. В якості альтернативної технології тут пропонується обробка попередньо неподрібненого і необробленого насіння соняшнику при температурі процесу віджиму 40-50° С. Олійновіджимний прес має оригінальну конструкцію, що включає два шнека з постійним кроком витка, змонтовані в окремих сепаруючих циліндрах і конструкція матриці має вигляд, так званого

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«воронячого гнізда», що представляє фільтру з перехідними діаметрами і різною довжиною отворів. В даному пресі передбачена можливість регулювання оптимальної відстані між закінченням шнека і матрицею за допомогою нарізного сполучення. За запропонованою технологією енергоємність процесу значно знижується завдяки використанню приводу більш низької потужності і зменшення кількості устаткування, яке застосовується в технологічній лінії.

Таким чином, олійновіджимні преси дозволяють за рахунок зміни конструктивних параметрів машини і параметрів процесу значно знизити енергоємність процесу, скоротити тривалість технологічних операцій, а в деяких випадках, і повністю відмовитися від деяких видів попередньої обробки вихідної сировини.

1.2 Аналіз досліджень процесу віджиму олії в шнекових пресах

Олійновіджимні шнекові преси відносяться до прогресивної групи машин безперервної дії, основним робочим органом, в яких є циліндр з всередині якого один або декілька шнеків, які називаються також черв'яками або гвинтами. Дані машини застосовуються в хімічній промисловості, при виробництві і переробці пластмас, в гумотехнічній, силікатній, паперовій, металургійній, оборонній промисловості, в сільському господарстві, а також у харчових галузях промисловості: макаронній, виноробній, консервній, цукровій, м'ясній, комбікормовій, олійно-жировій, маргариновій та інших.

Така велика область застосування шнекових машин пояснюється стабільністю їх роботи, забезпеченням високої якості продукції, можливістю компонування в потокові лінії з високим ступенем автоматизації, можливістю поєднання декількох технологічних операцій, тому шнекові машини компактні, продуктивні, мають порівняно низькі питомі енерговитрати [1, 4, 12].

У виробництві рослинних олій шнекові машини можуть використовуватися в якості подрібнювачів, екстракторів, випарників для

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відгону розчинника зі шроту, але переважно вони використовуються для виробництва олії. Віджимання - одна з визначальних технологічних операцій, від якої багато в чому залежить ефективність всього виробництва.

За стандартною технологією олійновмістний матеріал перед подачею в прес спеціально готують. Підготовка полягає в тому, що насіння або ядро насіння подрібнюють, досягаючи якомога більшого руйнування клітинної структури і максимального переведення олії на зовнішню поверхню частинок. Подрібнений матеріал (м'ятку) піддають вологотепловій обробці з метою зменшення сил, що зв'язують олію з не жировими компонентами м'ятки. Вологотеплова обробка надає матеріалу необхідну ступінь пружності і пластичності.

Підготовлений матеріал (мезга) подається на приймальний шнек преса і заповнює обсяг його каналу. Під дією штовхаючої поверхні витків, внутрішнього тертя матеріалу, обертання валу відносно циліндра, матеріал переміщається по каналу. В результаті в каналі виникає тиск. Ще одним джерелом тиску є регульовані опори, встановлювані на виході з преса.

Процес віджимання можна розглядати наступним чином. У меззі, що надходить на перший виток шнекового вала з оптимальною вологістю, є значна кількість пустот. У міру просування по шнековому валу мезга піддається стиску, в результаті чого відбувається зближення частинок, тобто скорочення зовнішньої поверхні, на якій знаходиться частина олії (поверхнева олія). Зі збільшенням тиску зовнішня поверхню скорочується з одночасним зменшенням пустот між частинками, в результаті чого відбувається витікання олії. При подальшому збільшенні тиску, стиску будуть піддаватися вже самі частинки. Внаслідок цього капіляри, будуть стискуватися. Отже, при стисненні мезги скорочується внутрішня поверхня і тому триває виділення олії (капілярна олія). При подальшому підвищенні тиску зростає деформація частинок, і деякі капіляри запресовуються з олією, що частково залишилася. Олія, що залишилася в запресованих капілярах, і олія, що залишилася в не руйнованих клітинах, визначає залишкову олійність [4, 5, 8, 9].

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Експериментально встановлено, що олійна фаза під час роботи центрифуги рухається, в основному, в ламінарному режимі. Встановлено також, що віджимання олії слід розглядати як рух нестисливої рідини в деформованому пористому середовищі [24].

За результатами численних дослідів для форпресів відомо, що основна кількість олії (близько 98%) віджимається в першій половині преса. Передбачається, що в зоні активного віджиму матеріал консолідований недостатньо, і величина внутрішнього тертя між частинками поступається величиною сил адгезії і зовнішнього тертя матеріалу об метал. В іншій частині робочої зони (поза зоною активного віджиму) олійні плівки в місцях контакту сусідніх частинок розриваються, і відбувається їх злипання. При цьому речовина частинок зміцнюється, олія в порах капсулюється, внутрішнє тертя стає більше зовнішнього, і матеріал набуває властивостей пористого мало стискаемого пружно-в'язко-пластичастого тіла. Ці явища супроводжуються збільшенням щільності і зменшенням проникності і пористості матеріалу [24].

Висновок про те, що в процесі пресування матеріал має тільки в'язкі властивості, зробив П.І.Чечевіцин. Однак олійність шарів матеріалу змінюється в залежності від їх розташування в каналі. В шарі, що примикає до валу вона вище, ніж в шарі, що примикає до зеєра. Зв'язок цього явища з більш інтенсивним випаровуванням вологи у поверхні шнеків, ніж у зеєра висловив Ю.П.Мацук. Однак К. Е. Леонт'євський пов'язував це явище з певною орієнтацією і більш щільною упаковкою білкових молекул в шарах, що примикають до валу. А, наприклад, А.М. Голдовський - з різними напругами зсуву в різних шарах матеріалу в ході віджиму.

Найбільш вірним є припущення В.В.Белобородова про те, що це відбувається через різницю довжини шляхів фільтрації олії з різних шарів.

Віджимання рослинних олій спочатку вивчалось дослідним шляхом. Ряд дослідників отримали емпіричні рівняння, що зв'язують тиск з виходом олії або олійністю макухи по довжині вала.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для пояснення віджиму А.М. Голдовський використовував рівняння Пуазейля і Дарсі, однак, це дозволило зробити лише найзагальніші висновки. Головний недолік ранніх досліджень полягає в тому, що в них не враховувалася деформація пористого середовища.

В.В.Бєлобородов і В.Т. Алимов шляхом застосування до диференціальних рівнянь руху мало стискаємої рідини в деформуючому пористому середовищі методів теорії подібності та аналізу розмірностей отримали узагальнені критеріальні рівняння віджиму. В ці рівняння входять пористість і проникність середовища, модулі об'ємної пружності олії і твердої фази, тиск і інші чинники. Однак складність експериментального визначення чисельних значень коефіцієнтів, що входять в рівняння, не дозволяє застосовувати їх на практиці.

Математична модель, розроблена Ю.А.Толчинським, враховує витікання олії з частинок на їх поверхню при зсувних і об'ємних деформаціях; фільтрації олії в матеріалі з урахуванням зміни проникності, пористості і розміру частинок; зв'язок між тиском олії в порах і тиском в частинках; зв'язок параметрів стану матеріалу і тиск у з геометрією каналу, однак складність визначення реологічних параметрів моделі не дає права вважати її оптимальною. Формула витрати фільтрації, отримана з рівнянь моделі, може бути застосована при аналізі, дослідженні та проектуванні пресів, за допомогою численних методів [18].

Виникаючий тиск є найважливішою характеристикою роботи шнекового преса. Він є рушійною силою віджиму, ступінь якого залежить від характеру наростання тиску, його величини і часу впливу на матеріал. Тиск має вирішальний вплив на фізико-механічні і реологічні властивості матеріалу. Великі тиски викликають денатурацію білків і зміну ліпідного складу олій.

Знання величини тиску необхідно при розрахунку геометрії зерного циліндра та шнеків, крутного моменту на валу, потужності приводу, а також для визначення ступеня зносу металевих поверхонь. Тиск є функцією геометричних особливостей каналу, конструкції регульовального пристрою, режиму роботи преса і в'язко-пружно-пластичних властивостей матеріалу [13].

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Розрізняють тиск у твердій фазі, в рідкій фазі в порах між частинками і в мікрокапілярах частинок. Матеріал в пресі має властивістю анізотропії. Тому тиск має радіальну і осьову складові. Мірою анізотропії тиску є коефіцієнт бокового тиск.

Якщо розглядати коефіцієнт бокового тиску, то тут існують досить суперечливі відомості. Наприклад, В.С.Морозов вважає, що з ростом тиску коефіцієнт зменшується, а В.А.Масліков вважає, що навпаки - зростає. У більшості наявних експериментальних досліджень вимірювався тільки радіальний тиск: І.В.Бабошин і В.П.Олешко - в пресі ФП; А.А.Медведев, Г.В.Зарембо - в пресі МПЕ-1; М.Р.Шамсутдінов - в пресі МП-21; Д.М.Руб - в пресі МП-1 [13].

Залежність тиску від деформації по діаграмі пресування при варіації вологості і температури соняшникової мезги вивчав В.А.Масліков. Електротензометричний метод, при вимірюванні тиску, використовували Л.І.Ізмалков і В.С.Морозов. Цей метод дозволяє реєструвати тиск в багатьох точках протягом необмеженого часу, не порушуючи процес [14].

Всі без винятку досліди свідчать про те, що є тенденція зростання тиску уздовж шнекового вала і різкого падіння в передконусній камері.

В даний час відсутні закінчені теоретичні роботи, на підставі яких можна було б розрахувати тиск в пресі. І тільки в роботах по вивченню зміни тиску в матеріалі, що знаходиться за пером ізольованого шнека, показано, що для тіла з сухим Кулонівським тертям на границях розподіл тиску носить експонентний характер.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз досліджень руху матеріалу в робочому просторі шнекового олійновіджимного преса

Роботи багатьох дослідників свідчать про складний характер руху матеріалу в гвинтовому каналі шнекового преса, під час якого спостерігається поступальне переміщення матеріалу і часткове його провертання разом з валом. Відзначено, що провертання переважає в області штовхаючих поверхонь шнеків, а поступальний рух проявляється сильніше зі збільшенням відстані від них [13].

Така структура потоку призводить до течії матеріалу за деякою спіраллю зі зростаючою до передконусної камери кроком, а в ній рухається аксіально, це підтверджують і мікрофотографії робочої поверхні зерних планок різних ступенів преса ЕП [13].

До такого ж висновку прийшов і Г.В.Зарембо, аналізуючи зміни співвідношення між аксіальною і радіальною складовою швидкості руху мезги в зер при зменшенні кута нахилу поверхні шнекових витків. При такій зміні кута нахилу поверхні витків аксіальна складова швидкості зростає, а радіальна зменшується і за рахунок цього мезга описує спіраль зі зростаючим кроком. Рентгенографічне просвічування, застосоване Д.М.Рубом на дерев'яній моделі шнекового преса також свідчить про спіралеподібну форму траєкторії частинок мезги, проте додатково відзначено переважання обертального руху в зоні розташування витків преса, а поступальний рух проявляється тим більше, чим далі від витка розташована мезга. Описаний характер руху підтверджує гіпотезу про наявність ковзання на поверхні вала, яке зростає в міру просування матеріалу до виходу, тому для обліку цього ефекту було запропоновано ввести в формули витрат коефіцієнти ковзання [13].

Стверджується, що при роботі пресів можливий зворотний рух матеріалу уздовж каналу, в зазорі між внутрішньою поверхнею зеєра та кромкою пера шнека і через просвіти пір'їв шнеків. Повернення матеріалу пояснюють тим, що він весь час переміщується з області менших тисків в область великих.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількісно зворотний рух або протитечію оцінюють коефіцієнтом повернення або використання. Розкладання загального потоку на прямий і зворотний до певної міри умовно і використовується тільки для спрощення математичного опису процесу [12,13].

Складний характер руху матеріалу по каналу призводить до виникненню зсуву, який породжує переміщення матеріалу, розтин частини капілярів частинок, блокованих контактами між ними, збільшення проникності шару. Посилення перерахованих ефектів досягається шляхом застосування в пресах конструктивних елементів спеціальної форми.

Виникаюче при переміщенні матеріалу внутрішнє і зовнішнє тертя, є основною причиною зростання температури в пресі. Надмірний перегрів матеріалу погіршує кількісні показники роботи пресів, якість олії та макухи. Для усунення цього небажаного явища запропоновані різні варіанти охолодження пресів [3].

Вплив тиску, тертя, хімічних перетворень, температури і вологості викликають знос робочих поверхонь шнеків.

Ступінь стиснення матеріалу під тиском визначається витіканням олії, вижиманням і вимиванням частинок матеріалу, випаровуванням вологи, ущільненням білкової частини матеріалу. Для характеристики стиснення було введено поняття теоретичного ступеня стиснення, яке представляє собою відношення вільних обсягів першого і останнього витків. Існує також поняття фактичного ступеня стиснення - відношення обсягу матеріалу, що надійшов в шнековий прес, до обсягу матеріалу, що виходить з преса [3,9].

За даними В.А.Маслікова фактична ступінь стиснення для преса ФП дорівнює 5,1-7,4; А.М.Голдовського - 2,81-2,96; Г.В Зарембо вивів узагальнену формулу для фактичного ступеня стиснення матеріалу в пресі.

При вирішенні задачі про течію матеріалу в каналі преса необхідно використовувати рівняння стану матеріалу, а не фізичне поняття теоретичного ступеня стиснення [13].

Показники роботи преса залежать від часу перебування матеріалу в робочій зоні.

Проводити позонний розрахунок цього часу, запропонував Г.В.Зарембо, враховуючи тільки геометрію шнеків і ступінь стиснення.

Продуктивність і глибина віджиму олії - головні кількісні показники роботи шнекових пресів. Ці показники пов'язані між собою і залежать, в основному, від одних і тих же факторів. Як правило, зміна того чи іншого чинника, що призводить до зростання продуктивності, викликає зменшення знімання олії, і навпаки [3].

На сучасному рівні знань існує два підходи до отримання рівнянь розрахунку продуктивності преса. Перший підхід полягає в тому, що в рівняння об'ємної теоретичної продуктивності каналу вводяться емпіричні коефіцієнти, які враховують особливості процесу.

Як поправочний А.Т.Скіпіна ввів коефіцієнт швидкості, який визначається з відношення фактичного часу проходження матеріалу до теоретичного. А, виходячи з припущення про наявність зворотних потоків В.А.Масліков використовував поняття коефіцієнта повернення.

Г.В. Зарембо, А.А. Медведєв і Ю.П. Мацук вирішили ввести в формулу теоретичної продуктивності коефіцієнт використання, який враховує повертання і повернення матеріалу.

Другий підхід заснований на виведенні рівнянь продуктивності на основі положень гідродинаміки і механіки суцільних середовищ.

Припускаючи, що матеріал близький за своїми властивостями до ньютонівської рідини П.І. Чечевіцин і В.А. Масліков, застосували в розрахунках пресів методику аналізу зони дозування шнекових машин в виробництві пластмас. Але в цій методиці не враховувався стік і стисливість матеріалу, а також інші особливості процесу.

Останнім часом запропоновано більш обґрунтована математична модель течії матеріалу в гвинтовому каналі преса, в результаті аналізу якої отримана формула продуктивності форпресу, що враховує стисливість матеріалу, зміни

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнтів його внутрішнього тертя, проскользування на стінках каналу, стік олії, геометрію шнеків і режимні параметри [13]. Однак ця формула неповна, так як невідомий аналітичний вид коефіцієнтів ковзання і вимагають уточнення реологічні параметри матеріалу.

Для аналізу та інженерних розрахунків процесів, а також кінематичних, міцності і енергетичних розрахунків необхідне знання фізико-механічних, реологічних і теплофізичних властивостей олієвмісних матеріалів і закономірностей їх зміни в технологічно допустимому діапазоні температур, вологості, тиску і швидкості деформації.

До теперішнього часу, в основному, вивчені деякі механічні та реологічні характеристики насіння соняшнику. Експериментально показано, що насіння, ядро і мезга мають пружно-в'язко-пластичні властивості з великим проявом тієї чи іншої властивості в залежності від зміни швидкості, умов і напрямку деформації, вологості. Визначено чисельні значення та інтервали змін модулів пружності, меж пружності, меж плинності, меж міцності та відповідних їм відносних деформацій при стисканні або розтягуванні або зсуві. Отримані дані дуже важливі, але вони уривчасті і не систематизовані. П.І.Чечевіцин і В.А. Масліков побудували залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву. Однак вони не вказали спосіб вимірювання в'язкості, а величина швидкості зсуву занадто мала в порівнянні з величинами швидкості зсуву реалізованими в пресах.

Ряд авторів досліджував зовнішнє тертя об металеві поверхні насіння і ядра соняшника в залежності від вологості; мезги соняшнику в залежності від вологості, температури, тиску і швидкості зсуву [3,13,14]. Знайдені значення коефіцієнтів тертя суперечливі.

Слід сказати, що через відсутність інженерних методів розрахунку олійновіджимні преси створюються, в основному, методом інтуїтивного проектування. Тому вони відрізняються різноманіттям конструктивного оформлення окремих вузлів, що дозволяють інтенсифікувати ту чи іншу сторону процесу. Наприклад, для підвищення продуктивності запропоновано

встановлювати замість гвинтових живильників плунжерні; витримувати певні співвідношення між висотою і кроком шнеків; підбирати для обраної геометрії шнеків частоту обертання валу; встановлювати ножі спеціальної форми; використовувати кулачкові органи. З метою інтенсифікації подрібнення і віджиму рекомендується замінювати частину шнеків органами конкретної форми для кожного типу шнекових машин, технології, сировини; використовувати поетапне розширення каналів; використовувати в конструкції ротори і дільники потоків, застосовувати спеціальні конструкції зерних планок та виступів на них. Вся сукупність розробок ґрунтується на виробничому досвіді, мало обґрунтована науково, внаслідок чого вони не можуть вважатися оптимальними.

Висновки. Складність опису поведінки матеріалу при його пресуванні на одношнекових прес-екструдерах полягає в широкій зміні властивостей вихідної сировини не тільки в структурно-механічному, а й в фізико-хімічному плані. Зміна цих властивостей є наслідком складної поведінки олійного матеріалу в каналі шнекового преса.

Оскільки цілеспрямована зміна властивостей харчових продуктів та кормів є першочерговим завданням всієї переробної промисловості, то вивчення і експериментальне дослідження процесу екструдювання олійних матеріалів рослинного походження з метою глибшого і детального розуміння суті процесу, дозволить раціонально підходити до питання створення більш досконалих конструкцій пресуючих механізмів безперервної дії.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Константи μ' та n справедливі для обмеженого діапазону швидкостей і будуть визначені в 3 розділі роботи.

Раніше при описі шнекового пресуючого механізму був використаний принцип його поділу на секції. У загальному випадку секцією назвемо елементарний шнековий пресуючий механізм з умовно постійними параметрами процесу пресування. Секція може закінчуватися матрицею, або компресійним затвором - ділянкою механізму, на якому лопать шнека переривається і прохідний перетин зменшується. Компресійний затвор може бути фіктивним, якщо параметри процесу пресування змінюються при безперервних лопатях шнека.

Матрицю (діафрагму) приймаємо еквівалентною компресійному затвору і разом з прилеглою частиною шнека вважаємо першою секцією пресуючого механізму. У деяких конструкціях шнекових прес-екструдерів матриця аналогічна по конструкції компресійному затвору. Число всіх секцій, що складають пресуючий механізм шнекового преса, позначимо через I .

Використовуючи результати, отримані для шнекового прес-екструдера В.Ю.Поліщуком, для кожної i -ї секції можна отримати рівняння взаємодії пресованого матеріалу з пресуючим механізмом з урахуванням відтоку олії з дисперсної системи в припущенні, що витрата пресованого матеріалу Q_i стрибкоподібно змінюється в перетині перед i -м компресійним затвором до величини Q_{i-1} та зберігається постійним до перетину перед $(i-1)$ -м компресійним затвором.

Для оцінки зменшення витрати пресованого матеріалу між i -м та $(i-1)$ -м секціями пресуючого механізму введено коефіцієнт відтоку олії [20,26].

$$k_i = \frac{Q_{i-1}}{Q_i} = 1 - \frac{Q_{oi}}{Q_i - \sum_{j=i+1}^I Q_{oj}}, \quad (2.2)$$

де Q_i - подача пресованого матеріалу в I -у секцію пресуючого механізму;
 Q_{oi} - витрати олії із i -ї секції.

Визначення даного коефіцієнта дозволяє заміряти відтік рідкої фази по довжині робочого органу при екструдюванні олійної сировини на одношнекових пресах.

Внутрішньою характеристикою механіко-математичної моделі є напружений стан оброблюваного матеріалу на контактних поверхнях робочих органів машин.

2.3 Математична модель параметрів ефекту роботи пресуючого механізму

Параметри ефекту в даній системі описують енергетичний стан матеріалу в робочому просторі машини при його обробці і характеризують споживчі якості отриманого матеріалу.

Продуктивність прес-екструдера (по м'ятці) при припущенні, що матриця даного преса має циліндричний формуючий канал діаметром d і довжиною l , має вигляд [13,20,26]:

$$Q = \frac{1}{K} A \sigma^{n_1}, \quad (2.13)$$

та вираз для коефіцієнта F_1 , який зв'язує напругу буде мати вигляд:

$$A Q^{n_1} \prod_{j=1}^I k_j + \left(\sum_{i=2}^I \frac{\prod_{j=1}^I k_j}{F_i} + \sum_{i=1}^I \frac{\prod_{j=i+1}^I k_{j+1}}{D_i - E_i} \right) Q = \sum_{i=1}^I \frac{B_i}{D_i + E_i} + \sigma_{2I}, \quad (2.14)$$

де
$$A = \frac{4\mu_1 l}{d} \cdot \left(\frac{32}{\rho_1 q \pi d^3} \right). \quad (2.15)$$

Причому, якщо матриця має формуючий отвір, відмінний від циліндричного каналу, коефіцієнт A матиме інший вигляд.

Потужність сил корисного опору визначається через момент сил корисного опору руху пресованого матеріалу від дії дотичних напружень на контактній циліндричній поверхні корпусу щодо осі обертання шнека [18]:

$$N = \frac{\pi}{2} D_c \omega \left[\frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^I (D_{1i} - D_{2i}) (p_{xi} - s_{xi}) (\sigma_{2i-1} - \sigma_{2i}) + D_c \sum_{i=1}^I \frac{L_i}{p_{xi}} s_{xi} \tau_{yi} + \right. \\ \left. + \frac{1}{D_c} \sum_{i=2}^I e_{xi} \tau_{zi} (D_{ki} + 2\delta_{zi})^2 \right], \quad (2.16)$$

де τ_{yi}, τ_{zi} - дотичні напруги у зазорі витоків і в кільцевому зазорі компресійного затору;

e_{xi} - осьова протяжність кільцевої шайби i -го компресійного зазору;

D_{ki} – діаметр шайби;

δ_{zi} - радіальний розмір кільцевого зазору;

Для оцінки якості процесу екструдювання олійної сировини було запропоновано використовувати в якості критерію K – відносну продуктивність пресуючого механізму, записану у вигляді виразу:

$$K = \prod_{i=1}^l k_i, \quad (2.17)$$

де k_i – коефіцієнти відтоку по довжині сепаруючого циліндра.

Осьова сила, що діє на робочі органи машини, визначається за виразом [20]:

$$R = \sigma_m \frac{\pi D_c^2}{4}. \quad (2.18)$$

Коефіцієнт корисної дії для одоношнекового пресуючого механізму для даної моделі визначається за виразом:

$$\eta = \frac{\sigma_{cp} Q}{\rho N}, \quad (2.19)$$

де $\sigma_{cp} = \frac{1}{2(k-p+1)} \sum_{i=p}^k \sigma_{2i-1} + \sigma_{2i}$, $l = 1 \dots r$, $p = 2$, $k = l - 1$ – середній

нормальний тиск між зонами олійновіджимної секції;

r – число секцій шнекового пресуючого механізму.

Таким чином, дана математична модель дозволяє визначити п'ять параметрів ефекту математичної моделі – продуктивність пресуючого механізму (по м'ятці), потужність сил корисного опору, відносну продуктивність пресуючого механізму, осьову силу, діючу на робочі органи, і коефіцієнт корисної дії.

3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Відповідно до завдань, поставлених в роботі, розроблена програма експериментальних досліджень:

- розробка експериментальної установки для дослідження процесу екструдювання олійної сировини на одношнекових прес-екструдерах з удосконаленим пресуючим механізмом та розробленим формуючим вузлом;
- підготовка обладнання і вимірювальної апаратури;
- проведення дослідів і аналіз результатів;
- реалізація методик експериментального визначення реологічних параметрів екструдованої сировини, коефіцієнтів відтоку олії та методики експериментального визначення внутрішнього тиску в матеріалі.

3.2 Експериментальна установка, прилади та обладнання

В основу експериментальної установки з вивчення процесу пресування соняшнику був взятий малогабаритний прес-екструдер ПЕШ-30/4, призначений для виготовлення макаронних виробів і вспучених екструдатів, модернізований для отримання рослинної олії та макухи. Технічна характеристика прес-екструдера наведена в таблиці 2.1.

Для здійснення можливості пресування матеріалів рослинного походження з відділенням рідкої фази при різних режимах прес-екструдер ПЕШ-30/4 був модернізований та вдосконалений шляхом виготовлення сепарованої склянки з отворами для стоку олії, п'яти шнеків, що відрізняються кроком витка і товщиною лопаті. Був виготовлений комплект змінних шківів для отримання п'яти фіксованих кутових швидкостей обертання шнека $\omega = 1,13,15,20,23\text{с}^{-1}$.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика прес-екструдера

Найменування	Значення
Продуктивність, кг/год.	30
Потужність електродвигуна, кВт	7,5
Діаметр циліндра, м	0,0554
Зовнішній діаметр гвинтової лінії шнеку, м	0,0546
Крок гвинтової лопаті шнеку, м	0,032-0,048
Осьова товщина гвинтової лінії шнеку, м	0,006-0,021
Довжина шнеку, м	0,52
Відстань між шнеком і циліндром, м	0,0080
Кут нахилу гребеня шнеку, градус	13,00
Число заходів шнеку	1
Число фільтрів	1
Відстань між кінцем шнеку та матрицею, м	0,01

Принцип роботи установки представлена на рисунку 3.1 наступний: електродвигун (1) за допомогою пасової передачі приводить в обертання швидкохідний вал редуктора (2), з тихохідного вала рух передається муфтою на робочий орган - шнек, розташований в циліндричному сепаруючому корпусі (4), який закінчується формуючою головкою (5).

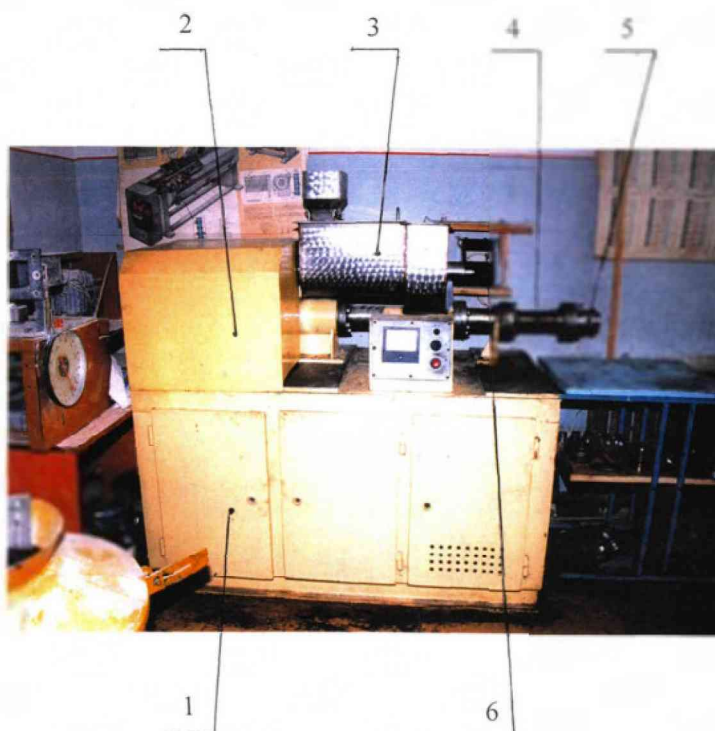


Рисунок 3.1 – Малогабаритний шнековий прес-екструдер для екструзування олійної сировини

Живлення преса здійснюється через змішувач, з живильною воронкою (3), з'єднаний безпосередньо з шнековим корпусом, розташованим на станині (1) з електроприводом.

Прилади контролю потужності та температури розташовані також на станині. Прес-екструдер має такі габаритні розміри: довжина - 1,7 м; ширина - 0,7 м; висота - 1,5 м.

Електропривод - асинхронний двигун потужністю 7,5 кВт, напруга 380 В, частота обертання 1440 об/хв.

Пресування соняшнику велося на п'яти шнеках з різним кроком витків і шириною лопаті з фільтрою довжиною $l = 0,0812$ м і діаметром $d = 0,014$ м.

Шнек №1 має змінний крок $t = 0,032$ та $t = 0,048$ мм і ширину лопаті $b = 0,007$ мм (рис.3.2)

Шнек №2 має крок $t = 0,040$ мм і ширину лопаті $b = 0,008$ мм (рис.3.3).

Шнек №3 має крок $t = 0,032$ мм і ширину лопаті $b = 0,006$ мм (рис.3.4).

Шнек №4 має крок $t = 0,040$ мм і ширину лопаті $b = 0,013$ мм (рис.3.5).

Шнек №5 має крок $t = 0,048$ мм і ширину лопаті $b = 0,021$ мм (рис.3.6).

Для зниження залишкової олійності в макуховій мушлі були передбачені закінчення шнеків у вигляді гвинтової нарізки з кроком $t = 0,0276$ мм і шириною лопаті $b = 0,007$ мм (рис. 3.7).



Рисунок 3.2 – Робочий орган (шнек № 1) шнекового прес-екструдера з змінним кроком витка, шириною лопаті $b = 0,007$ мм та дросельним елементом



Рисунок 3.3 – Робочий орган (шнек № 1) шнекового прес-екструдера з кроком витка $t = 0,040$ мм, шириною лопаті $b = 0,008$ мм



Рисунок 3.4 - Робочий орган (шнек № 3) шнекового прес-екструдера з кроком витка $t = 0,032$ мм, шириною лопаті $b = 0,006$ мм

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.5 - Робочий орган (шнек № 4) шнекового прес-екструдера з кроком витка $t = 0,040$ мм, шириною лопаті $b = 0,013$ мм



Рисунок 3.6 - Робочий орган (шнек № 5) шнекового прес-екструдера з кроком витка $t = 0,048$ мм, шириною лопаті $b = 0,021$ мм



Рисунок 3.7 – Різні конструкції закінчення шнека, що застосовувалися при дослідженнях

Для вимірювання потужності, що витрачається на пресування, застосовували ватметр Д539 з навантажувальним трансформатором струму УТТ-5М.

Контроль температури в ході процесу здійснювався в зоні формуючої головки макухи соняшнику і вимірювалася температура олії ртутним термометром. Зважування вихідних компонентів і аналізованих зразків проводилося на лабораторних вагах. Час відбору проб фіксувався механічним секундоміром.

Для експериментальних досліджень брали соняшник середньої олійності. Процес пресування вихідної сировини проводився при фіксованому значення вологості $W = 5,8\%$.

3.3 Методика проведення експерименту. Відбір і обробка зразків

Шнекові преси є машинами безперервного дії, у яких для початкового пуску і виведення преса на регламентований режим роботи необхідна певна кількість часу і деяка кількість сировини, після досягнення стійкого режиму роботи, коли шнековий корпус і формуюча головка отримували рівномірний нагрів по всьому об'єму від тертя пресованого матеріалу о робочі органи, проводили безперервне дозування сировини, необхідне для спостереження реальної картини процесу.

При досягненні стійкого і рівномірного виходу продукту з формуючої фільтри і ефективного витікання олії щодо фіксованого значення споживаної потужності електроприводом, проводили відбір проб (як макухи, так і олії) за певний проміжок часу (10 с), при цьому знімали показання ватметра і термометра.

Наведену вище послідовність операцій повторювали для кожного з 5 шнеків при 5 фіксованих значеннях швидкості обертання шнека, було проведено 15 дослідів, по значимих результатах було визначено продуктивність. Попутно в експерименті були визначені ефективна в'язкість м'ятки соняшнику, індекс течії і коефіцієнти відтоку по довжині робочого органу (шнека).

Отримані зразки зважували на технічних вагах, визначали середньоарифметичний показник і знаходили годинну продуктивність для кожного виміру. Результати експериментальних досліджень представлені в **таблицях А1-А5**.

3.4 Аналіз зразків і оцінка якості процесу

Отримані зразки піддавалися хімічному аналізу в лабораторії, критерієм якості та ефективності процесу пресування: для макухи - була залишкова олійність макухи соняшнику; для олії - кислотне і перекисне число.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення щільності отриманої макухи полягала в застосуванні градуйованого посуду, при якій наважку поміщали в градуйований скляний циліндр з водою. Знаючи рівень води до і після поміщення зразка, встановлюють обсяг наважки. Потім на основі маси й обсягу наважки визначали його щільність (г/см^3) за формулою:

$$\rho = \frac{P}{V}, \quad (3.1)$$

де P – маса, г;

V – об'єм зерна, см^3 .

Отримана щільність для макухи соняшнику склала в середньому $1,069\text{г/см}^3$, що перевищує в 1,56 разів щільність макухової мушлі соняшнику, для преса МП-68, що використовується в олійно-жировому виробництві.

3.5 Методика визначення внутрішнього тиску пресованого матеріалу в формуючій філь'єрі прес-екструдера

Для визначення коефіцієнтів рівняння процесу пресування матеріалу рослинного походження застосовувався вимір внутрішнього тиску матеріалу на зовнішній поверхні фільєри матриці методом тензометричних досліджень в трьох фіксованих перетинах (табл. А.6, рис. А.1).

Деформації на зовнішній поверхні фільєри матриці пропорційні нормальному тиску на її внутрішню поверхню, тому використовувався спосіб вимірювання внутрішнього тиску за допомогою системи парних тензодатчиків, укріплених на зовнішній поверхні корпусу фільєри так, що їх вимірювальні осі взаємно перпендикулярні і проходять через обрану точку поперечного перерізу пресованого механізму.

Датчик, вимірювальна вісь якого збігається з направляючою окружністю зовнішньої поверхні циліндричного каналу, реєструє нормальну напругу в радіальному перетині оболонки циліндричного каналу σ_k , напрямком яких паралельний дотичній площині до направляючої окружності. Другий датчик

реєструє деформації оболонки каналу вздовж утворюючої зовнішньої циліндричної поверхні, викликані напругою σ_{zk} .

Нормальні напруги, реєстровані кожною парою датчиків, будуть [12,20]:

$$(\sigma_{tk})_i = -(\sigma_M)_i \frac{2r^2}{R^2-r^2} + \varepsilon_t E; \quad (3.2)$$

$$(\sigma_{zk})_i = \frac{P_i}{F} = -\frac{1}{2}(\sigma_M)_i \frac{r^2}{R^2-r^2} + \varepsilon_t E; \quad (3.3)$$

де P_i – розтягуючи сила в перетині площиною $z_i = \text{const}$;

F – площа поперечного перерізу оболонки каналу тією ж площиною;

ε_t - відносна термічна деформація при температурі процесу;

E - модуль пружності оболонки каналу;

r - радіус внутрішньої поверхні каналу змінної фільери;

R - радіус зовнішньої поверхні каналу змінної фільери.

Вважаючи корпус ізотропним по відношенню до передачі тепла і коефіцієнту лінійного розширення за обраними осях вимірювання, будемо вважати відносну деформацію ε_t при нагріванні однаковою в обох напрямках вимірювання.

Якщо кожную пару тензодатчиків з'єднати в вимірювальний напівміст, можна визначити $(\sigma_M)_i$ в кожному поперечному перерізі $z_i = \text{const}$, де розташована пара тензодатчиків. Використовуючи вирази (3.2) і (3.3), отримаємо:

$$[(\sigma_{tk})_i - (\sigma_{zk})_i]_{\text{зм}} = -\frac{3}{2}(\sigma_M)_i \frac{r^2}{R^2-r^2}. \quad (3.4)$$

Тарирування показань i -ої системи тензодатчиків проводиться з допомогою преса для визначення й випробування механічних властивостей матеріалів.

Навантаження на змінну модель фільери виконує стискуюче зусилля.

Вимірювані тензодатчиками напруги при цьому будуть:

$$\sigma_{zk} = -\frac{P_i}{\pi(R^2-r^2)}; \quad (3.5)$$

$$\sigma_{tk} = -\nu\sigma_{zk} = \frac{\nu P_i}{\pi(R^2-r^2)}. \quad (3.6)$$

Показання i -ої системи тензодатчиків будуть при тарируванні:

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[(\sigma_{tk})_i - (\sigma_{zk})_i]_{\text{таp}} = \frac{(1+\nu)P_i}{\pi(R^2-r^2)}, \quad (3.7)$$

де ν – коефіцієнт поперечної деформації.

Якщо позначити:

$$\lambda_{ki} = \frac{[(\sigma_{tk})_i - (\sigma_{zk})_i]_{\text{зм}}}{[(\sigma_{tk})_i - (\sigma_{zk})_i]_{\text{таp}}}. \quad (3.8)$$

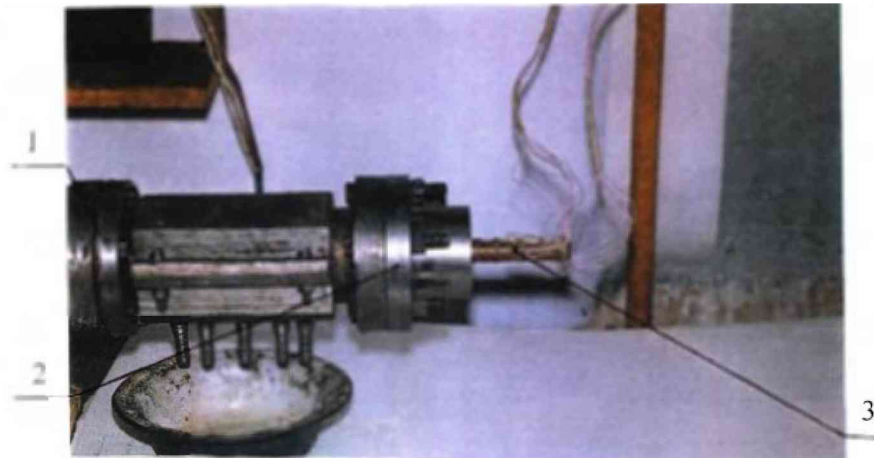
Тоді, використовуючи вираз (2.4) та (2.7) отримаємо:

$$\lambda_{ki} = \frac{3\pi(\sigma_M)_i r^2}{2(1+\nu)P_i}.$$

Після перетворень матимемо:

$$(\sigma_M)_i = \frac{2(1+\nu)\lambda_{ki}P_i}{3\pi r^2}. \quad (3.9)$$

Для експериментального вимірювання нормальної напруги в пресованому матеріалі користувалися тензометричними датчиками типу 2ПКБ10-100ГВ з вимірювальною базою 10 мм. Тензодатчики наклеєні в осьовому і радіальному напрямку, на використовуваній філь'єрі (рис. 3.8).

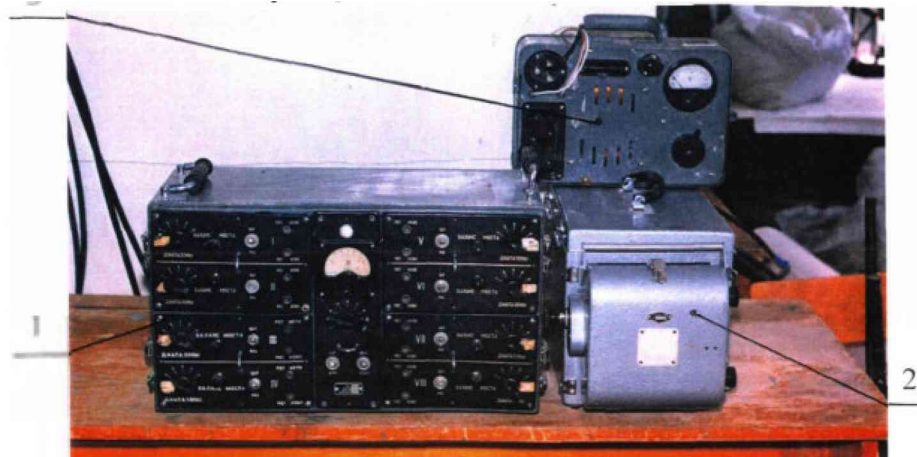


1 – олійновіджимна секція шнекового корпусу; 2 – формуюча головка;
3 – фільєра з тензодатчиками

Рисунок 3.8 – Розташування тензометричних датчиків на зовнішній поверхні фільєри

Зовнішній радіус фільєри матриці $R = 0,008$ м, внутрішній $r = 0,007$ м. Вимірювання номіналу тензодатчиків велося на приладі типу МО-62. Наклейка тензодатчиків здійснювалася клеєм ПФ-.

Всі тензодатчики були з'єднані з тензометричним підсилювачем. Показання тензодатчиків реєстрували за допомогою шлейфового осцилографа Н-155 на фотопапері. При реєстрації показань тензометричних датчиків використовувалися гальванометри серії М 001. 2. Використовувана апаратура представлена на рисунку 3.9.



1 – підсилювач; 2 – осцилограф; 3 – блок живлення

Рисунок 3.9 – Стенд для реєстрації та запису показань тензометричних датчиків

В якості пресованого матеріалу використовувався соняшник середньої олійності, вологістю $W = 5,80\%$, пресування проводили на філь'ері діаметром $d = 0,014$ м і довжиною відповідно $l = 0,812$ м при частотах обертання шнека $\omega = 10, 13, 15, 20, 23$ с⁻¹.

За отриманими результатами визначили нормальні напруги в досліджуваних перетинах в ході експериментальних досліджень і при тарювання. Тарировочні криві представлені на рисунку 3.10.

Робота пристрою відбувається наступним чином. Циліндричну основу 1 встановлюють на горизонтальну поверхню, в проточку основи встановлюють велике тензометричне кільце 2, на яке в свою чергу встановлюють опору 3. Досліджуваній матеріал поміщають в камеру стиснення 6, ущільнюють плунжером 7 без штока і екструдують в каналі фільтри 5. Після заповнення каналу фільтри плунжер витягають, оснащують штоком 8 з поршнем 9 і знову поміщають в камеру стиснення, при цьому поршень 9 стискає матеріал безпосередньо в каналі фільтри. По різниці осьових зусиль в стінках фільтри перед поршнем і після нього, визначають опір руху шару, який тече навколо поршня. Заміною поршня на більший або менший діаметр і іншу довжину, отримують можливість зміни товщини шару досліджуваного матеріалу.

Плунжер 7 має у верхній частині опорну головку з різьбовими отворами для болтів, призначених для створення зусилля зворотного ходу плунжера. Прямий хід плунжера відбувається в результаті навантаження приладу на пресі, призначеному для визначення й випробування механічних властивостей матеріалу.

Передбачалося, що пресований матеріал в каналі має властивості нелінійної ступеневої системи, для якої справедливе рівняння течії Оствальда-де Віля:

$$\tau = \mu_1^* [\dot{\gamma}(\tau)]^n, \quad (3.10)$$

де τ - напруга здвигу на боковій циліндричній поверхні матеріалу радіуса r ;

μ_1^* - коефіцієнт консистенції матеріалу, пропорційний в'язкості, Па·с ^{n} ;

$\dot{\gamma}$ - швидкість здвигу на боковій поверхні, що розглядається, виділеного об'єму матеріалу з радіусом r .

Рівняння (3.10) приводиться до виду:

$$\tau = \mu_0^* [\dot{\gamma}(\tau)]^{n-1} \dot{\gamma}(\tau) = \mu_{\text{еф}} \dot{\gamma}(\tau), \quad (3.11)$$

де $\mu_{\text{еф}}$ - ефективна в'язкість, Па·с;

$$\mu_{\text{еф}} = \mu_0^* [\dot{\gamma}(\tau)]^{n-1}, \quad (3.12)$$

$n-1 = m_1$ – темп руйнування структури.

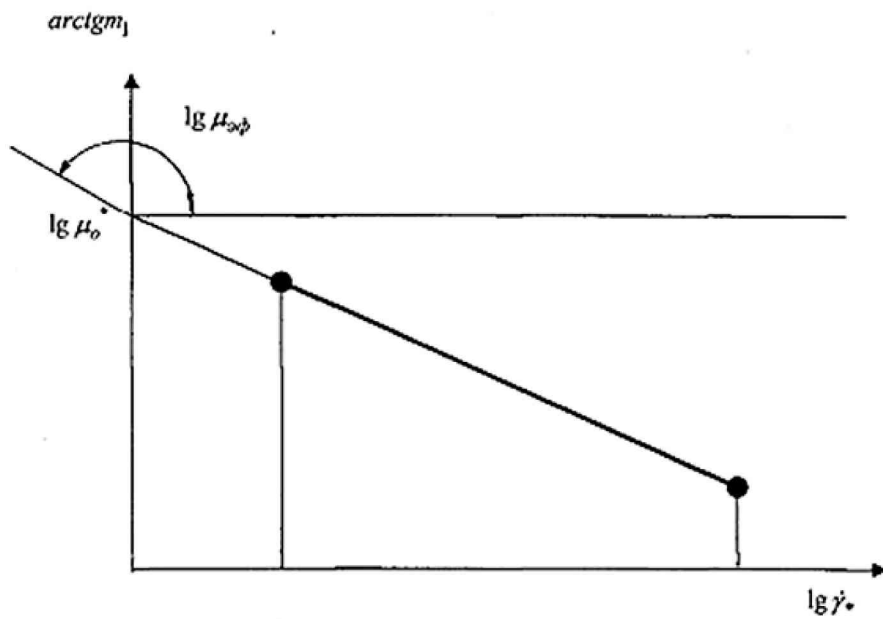


Рисунок 3.12 - Схема графічного визначення коефіцієнту ефективності в'язкості μ_0^*

Прямолінійність відрізка (1; k) буде розповсюджуватися на його продовження до перетину з віссю ординат (рис.3.13), де цей перетин визначить ефективну в'язкість при $\lg \dot{\gamma}^* = 0$. Тоді коефіцієнт ефективної в'язкості μ_0^* визначається із графіка наступним виразом [13,26]:

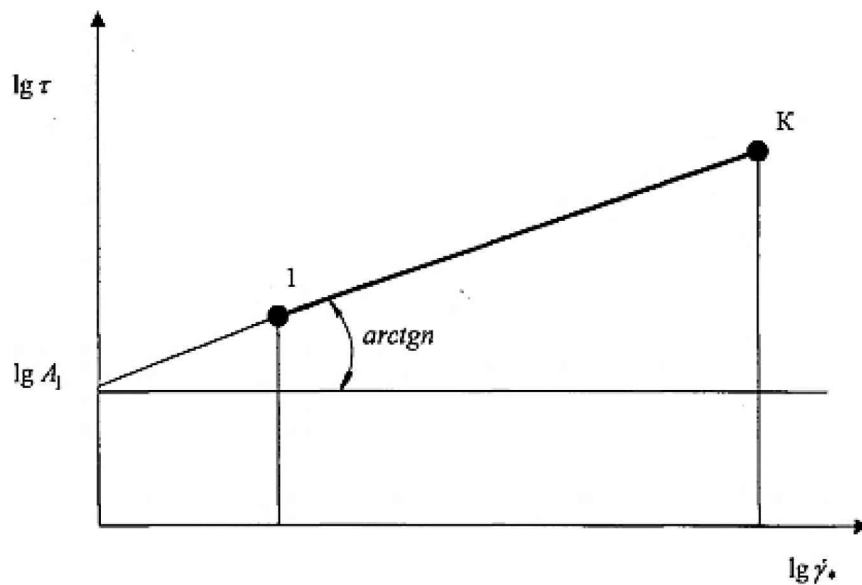


Рисунок 3.13 – Схема графічного визначення напруги здвигу на стінці каналу A_1

$$\lg \mu_0^* = \frac{[(\lg \mu_{\text{еф}})_1 (\lg \gamma^*)_k - (\lg \gamma^*)_1] - (\lg \gamma^*) [(\lg \mu_{\text{еф}})_k - (\lg \mu_{\text{еф}})_1]}{(\lg \gamma^*)_k - (\lg \gamma^*)_1}. \quad (3.18)$$

Експеримент по визначенню ефективної $\lg \mu_{\text{еф}}$ в'язкості зазвичай проводиться для k точок логарифмічної залежності, що відрізняються об'ємною продуктивністю Q , тиском в перерізі змінних моделей фільтер (σ_M) у, розмірами каналів змінюваних моделей фільтер. Для більшої точності число таких точок вибирається $k \geq 3$. Для розрахунку цих же параметрів можна використовувати консистентні змінні:

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{d\sigma_M}{dz} \frac{r}{2} - \text{напруга зсуву}; \quad (3.19)$$

$$\dot{\gamma} = \frac{4Q}{\pi r^3} - \text{градієнт швидкості}. \quad (3.20)$$

Тоді основним рівнянням буде:

$$\frac{4Q}{\pi r^3} = \frac{4\pi}{3n+1} \dot{\gamma}_1 \left(\frac{\tau_c}{\mu_0^* \dot{\gamma}_1} \right)^{\frac{1}{n}}. \quad (3.21)$$

Взагалі тиск по довжині моделі фільтери може змінюватися не лінійно, тоді, замінивши напругу зсуву на стінках його значенням (3.11) отримаємо:

$$\frac{4Q}{\pi r^3} = \frac{4\pi}{3n+1} \dot{\gamma}_1 \left[\frac{r}{2\mu_0^* \dot{\gamma}_1} \left(\frac{d\sigma_M}{dz} \right) \right]^{\frac{1}{n}}, \quad (3.22)$$

де $\frac{d\sigma_M}{dz}$ – градієнт осьової нормальної напруги σ_M .

При рівномірному розподілі σ_M вздовж осі каналу

$$\frac{d\sigma_M}{dz} = \frac{\sigma_M}{z_i}. \quad (3.23)$$

Рівняння (3.21) можна привести до такого виду :

$$\tau_c = \mu_0^* \dot{\gamma}_1 \left(\frac{3n+1}{4\pi} \right)^n \left(\frac{4Q}{\dot{\gamma}_1 \pi r^3} \right)^n. \quad (3.24)$$

Позначимо $\mu_0^* \dot{\gamma}_1 \left(\frac{3n+1}{4\pi} \right)^n = A_1$ – напруга на стінці циліндричного каналу моделі фільтери при одиничному значенні відносного середнього градієнту швидкості, Па;

$\frac{4Q}{\dot{\gamma}_1 \pi r^3} = \dot{\gamma}^*$ - відносний градієнт швидкості на стінці циліндричного каналу фільтери (консистентні змінні). Тоді рівняння (2.24) спрощується до:

$$\tau_{\text{ш}} = A_1 \dot{\gamma}^{*n}. \quad (3.25)$$

Також як і в попередньому випадку вважаємо, що прямолінійність відрізка $[1; k]$ поширюється на його продовження до перетину з віссю ординат (рис.3.13), яке визначить напруга зсуву на стінці каналу при відносній швидкості зсуву, що задовольняє умові $lgy^* = 0$. Знаючи консистентні змінні, відклавши експериментальні точки та провівши пряму лінію, легко визначити A_1 з рівняння [13,26]:

$$lgyA_1 = \frac{(lgy)_1[(lgy^*)_k - (lgy^*)_1] - (lgy^*)_1[(lgy)_k - (lgy)_1]}{(lgy^*)_k - (lgy^*)_1}, \quad (3.26)$$

$$n = \frac{d\left(lg\frac{\sigma_{Mr}}{2z_i}\right)}{d\left(lg\frac{4Q}{y_1\pi r^3}\right)}. \quad (3.27)$$

У позначеннях, прийнятих на рисунку 2.13

$$n = \frac{(lgy^*)_k - (lgy)_1}{(lgy^*)_k - (lgy^*)_1}. \quad (3.28)$$

В'язкість розраховується за формулою:

$$\mu_0^* = A_1 y_1^{-1} f_1(n), \quad (3.29)$$

$$\text{де } f_1(n) = \left(\frac{4\pi}{3\pi+1}\right)^n. \quad (3.30)$$

Рівняння (3.24) можна представити як напругу зсуву на стінці в залежності від фактичного градієнта швидкості:

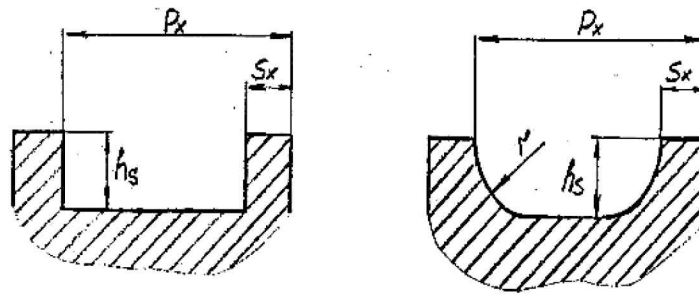
$$\dot{y}_{*\phi} = \frac{3n+1}{4n} \frac{4Q}{y_1\pi r^3}, \quad (3.31)$$

тобто у вигляді:

$$\tau_{ш} = (\mu_0^* y_1) \dot{y}_{*\phi}^n. \quad (3.32)$$

Індекс течії в диференціальному рівнянні течії і сумісних змінних, якщо в логарифмічних шкалах виходить пряма лінія, однаковий.

Експериментальні визначення реологічних параметрів рівняння Оствальда-де Віля дозволили визначити коефіцієнт ефективної в'язкості і індекс течії для олійної сировини (табл.А.1-А.5).



а) канал прямокутної форми; б) канал з радіальною утворюючою

Рисунок 3.15 – Форми каналу шнека

Для прямокутної форми каналу шнека;

$$\xi_{i1} = \frac{X_i}{R_{\Gamma i}}, i = 1..n, \quad (3.33)$$

де $X = \frac{L_i \sqrt{(\pi D_1)^2 + (p_x)^2}}{p_x}$ - відносна довжина каналу, м;

$R_{\Gamma} = \frac{\pi r}{2(2+\pi)}$ - гідравлічний радіус, м;

n - число зон шнека.

Для форми каналу шнека з радіальною утворюючою:

$$\xi_{i2} = \frac{X_i}{R_{\Gamma i}}, i = 1..n, \quad (3.34)$$

де $X = \frac{L_i \sqrt{(\pi D_1)^2 + (p_x)^2}}{p_x}$ - відносна довжина каналу, м;

$R_{\Gamma} = \frac{(p_x - s_x) h_s}{2((p_x - s_x) + h_s)}$ - гідравлічний радіус, м;

n - число зон шнека.

Загальний параметр для шнеків, що мають різну геометрію

$$\xi_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^n \xi_{i,j=1..m}, \quad (3.35)$$

де m - число шнеків.

За результатами експериментальних досліджень встановлено залежності коефіцієнтів відтоку k від кутової швидкості ω , відносної довжини сепаруючої склянки ξ (відношення координати сепаруючого циліндра до його зовнішнього діаметра) і параметра, що характеризує шнек ζ , у вигляді функції:

$$k = f(\omega, \xi, \zeta). \quad (3.36)$$

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Оптимізація конструктивних і геометричних параметрів пресуючого механізму

Оптимізація пресуючого механізму виконується по максимальному значенню коефіцієнта корисної дії (ККД) η . Інші параметри ефекту виступають у вигляді обмежень оптимальної області.

Оптимізації піддаються всі елементи конструктивних і геометричних параметрів. При оптимізації необхідно строго виконувати умову, за якою визначення оптимального значення кожного наступного конструктивного або геометричного параметра не повинно призводити до зниження досягнутої перед цим величини.

Оптимізація була проведена від вибраних параметрів опорного зразка в якості якого був прийнятий випробуваний в лабораторних умовах прес-екструдер ПЕШ-30/4.

Розглянемо задачу оптимізації геометричних параметрів шнека преса ПЕШ-30/4. Якщо накласти обмеження на габаритні розміри шнекового пресуючого механізму, то оптимізованими параметрами будуть: крок шнека - p_x ; глибина канавки - h_s ; товщина лопаті шнека - s_x .

Для розрахунків шнекового пресуючого механізму були визначені реологічні параметри олійної сировини $\mu_0^* = 0,0343 \text{ МПа}\cdot\text{с}^n$ та $n = 0,28$. Розрахунки проводилися при початковій вологості сировини $W = 5,8\%$, температурі $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ і швидкості обертання шнека відповідно $\omega_1 = 10$, $\omega_2 = 13$, $\omega_3 = 15$, $\omega_4 = 20$, $\omega_5 = 23$ рад/с. В результаті обчислень отримані параметри механізму, що характеризують прес-екструдер (табл. Б.1-Б.5).

Введемо обмеження параметрів ефекту $\eta > 2\%$, $N < 3,0 \text{ кВт}$, $R < 18 \text{ кН}$, $0,72 < K < 0,82$.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графіки постійних значень досліджуваних параметрів зображені в системі координат $\eta = f(Q)$ основними лініями. Графіки постійних значень потужності сил корисного опору N показані тонкими лініями. Графіки постійних значень сил R , що діють на матрицю, показані пунктирними лініями, відносної продуктивності пресуючого механізму K штрих-пунктирними лініями.

Оптимальна область не виділена відтинком в зв'язку з тим, що на наведених характеристиках існують яскраво виражені екстремуми, в точках з максимальними значеннями коефіцієнта корисної дії пресуючого механізму.

На рисунку 4.1 представлена характеристика впливу на ККД пресуючого механізму прес-екструдера зміни осьової товщини гвинтової лопаті шнека S_x з якої видно, що з зростанням продуктивності та товщини гвинтової лопаті, помітна тенденція зростання значень потужності сил корисного опору, збільшення дії сил, що діють на матрицю, збільшення відносної продуктивності пресуючого механізму.

На 4.2 представлена характеристика впливу на ККД пресуючого механізму прес-екструдера зміни кроку гвинтової лопаті шнека p_x з якої видно, що при зростанні продуктивності та зміні кроку гвинтової лопаті, спостерігається збільшення потужності сил корисного опору, зменшення дії сил, діючих на матрицю, збільшення відносної продуктивності пресуючого механізму.

На рисунку 4.3 представлена характеристика впливу на ККД пресуючого механізму прес-екструдера ПЕШ-30/4 зміни глибини шнекового каналу h_s з якого видно, що при зростанні продуктивності та зміні глибини шнекового каналу, чітко помітне зростання потужності сил корисного опору, зменшення дії сил, що діють на матрицю, збільшення відносної продуктивності пресуючого механізму.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

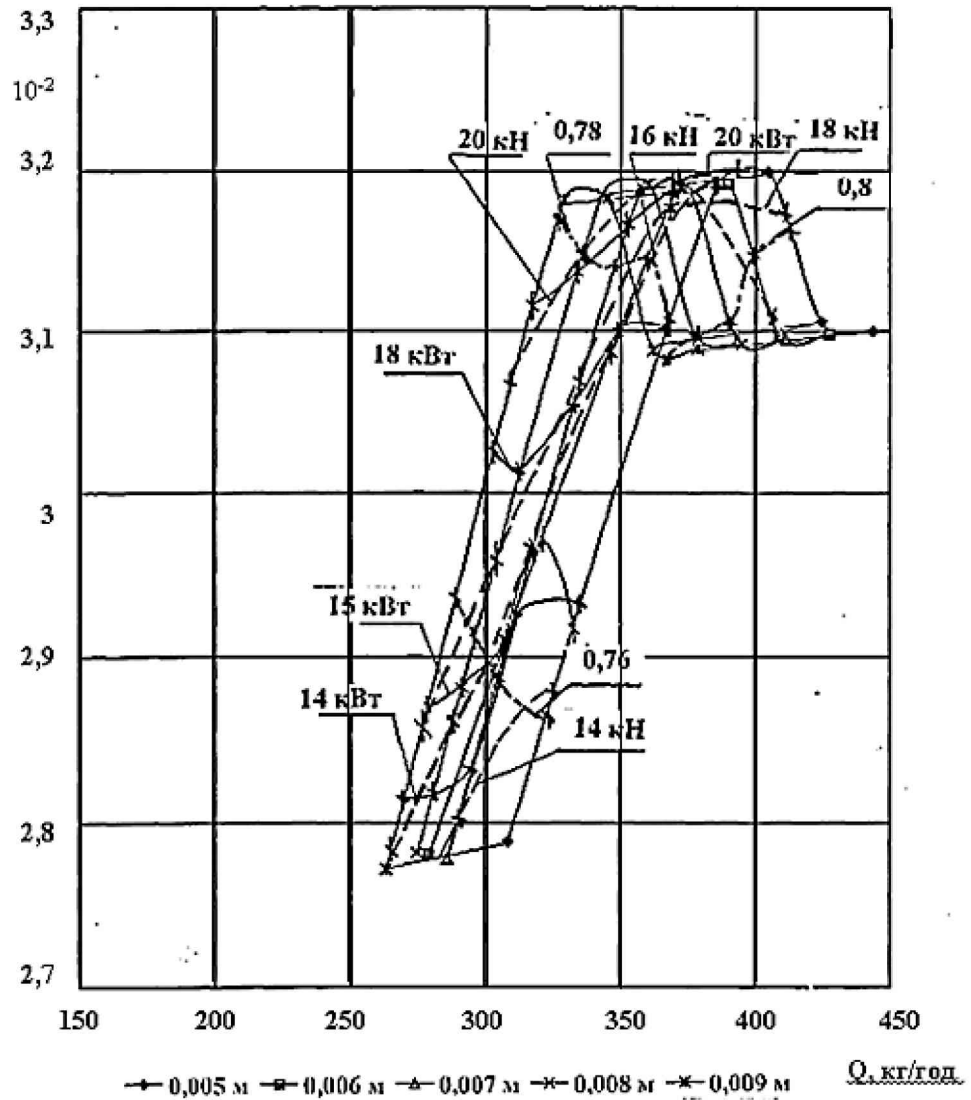


Рисунок 4.1 – Характеристика впливу на ККД пресуючого механізму прес-екструдера ПЕШ-30/4 зміни осьової товщини гвинтової лопаті шнека S_x

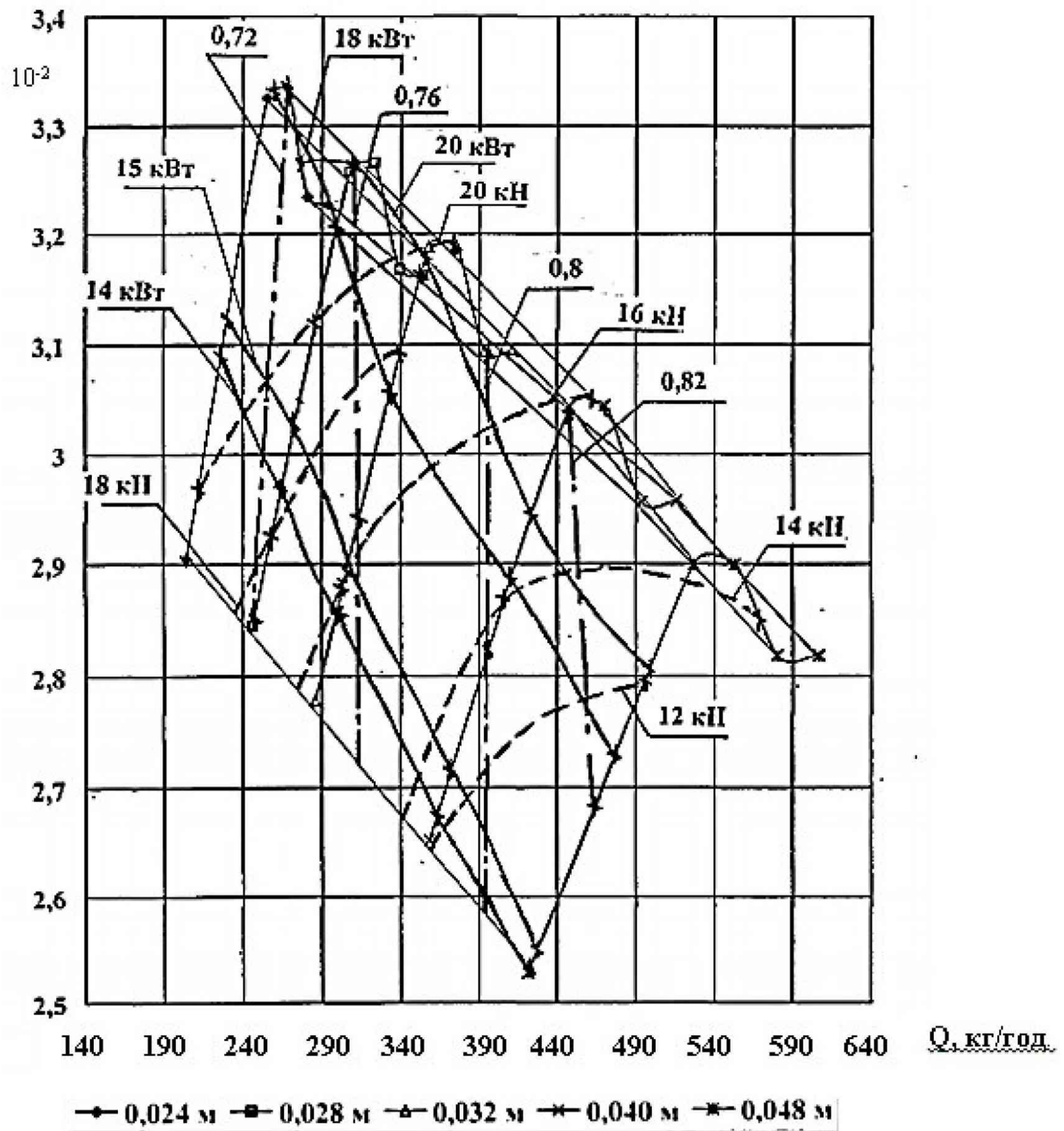


Рисунок 4.2 – Характеристика впливу на ККД пресуючого механізму прес-екструдера ПЕШ-30/4 зміни кроку гвинтової лопаті шнека p_x

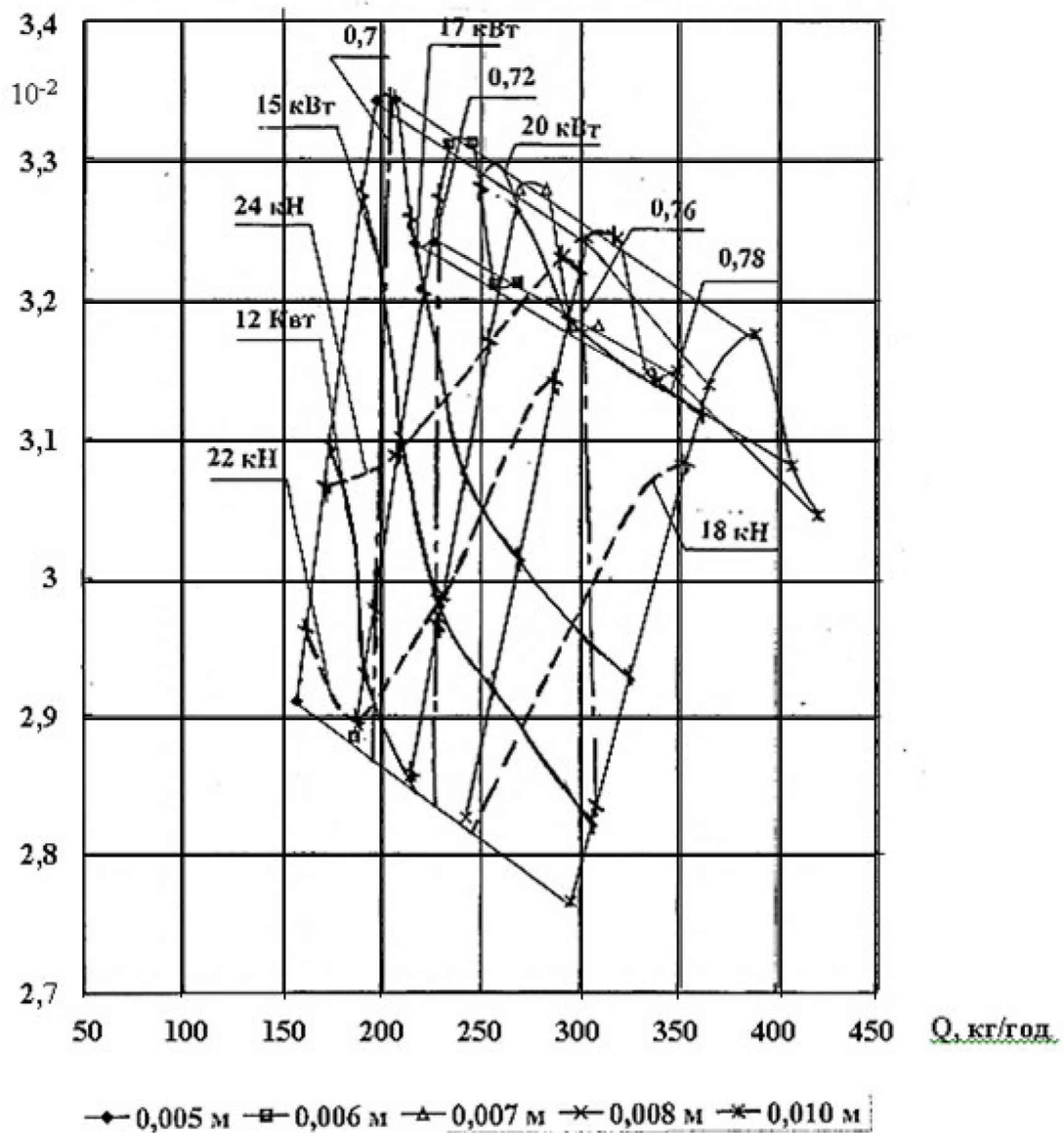


Рисунок 4.3 – Характеристика впливу на ККД пресуючого механізму прес-екструдера ПЕШ-30/4 зміни глибини шнекового каналу h_s

Аналіз оптимальних областей одношнекового пресуючого механізму (рис. 4.1, 4.2, 4.3) дозволив визначити оптимальні значення геометричних параметрів робочого органу: $h_s = 0,007$ м, $s_x = 0,005$ м, $p_x = 0,032$ м.

*

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.2 Удосконалена конструкція шнекового пресу та формуючого вузла

Попередня підготовка олійної сировини до пресування, яка полягає у впливі пари і температури на вихідну сировину, а також попереднього подрібнення соняшникового ядра, є тривалою операцією, при якій використовується велика кількість енергоспоживаючого обладнання. Зменшення кількості обладнання в технологічній лінії, збільшення енергоємності при тій же якості готових виробів, є передовим напрямком в удосконаленні конструкцій і вузлів олійновіджимних пресів.

Більшість олійновіджимних пресів, що випускаються для пресування рослинних матеріалів, включають в себе: електропривод, шнек, зеєрний циліндр, завантажувальну воронку і формуючу матрицю. Недоліком даного пристрою є неможливість обробки олійного матеріалу без попередньої вологотеплової обробки і попереднього подрібнення.

Для пресування олійного матеріалу без попередньої підготовки, на основі проведеної оптимізації, запропонована конструкція олійновіджимного преса (рис.4.4), яка полягає в тому, що в шнековому пресі, що включає електропривод, завантажувальну воронку, циліндр 1 з отворами для виходу олії 2 і макухи 3, розміщений в циліндрі шнек 4, з гвинтовими нарізками 5 і 6, і послідовно розташованими зонами транспортування 8 і стиснення 9. На межі зон транспортування і стиснення, в місці відділення рідкої фази, встановлений дросельний елемент 7, виконаний у вигляді ряду кілець зовнішні діаметри і прямокутні пази 10 яких збільшуються в напрямку вихідного отвору уздовж всього дросельного елемента, і, додатково, на максимальному діаметрі дросельного елемента виготовлені пази 11 під кутом 45° до горизонталі, а шнек з гвинтовою нарізкою в зоні стиснення має однаковий напрямок нарізки, але різний крок.

дросельного елемента 7 передбачені пази 10 та 11, через які виходить частина віджатої макухи. Після проходження сировини через дросельний елемент 7 велика частина рідкої фази відокремлена і макуха спокійно випресовується шнеком 4 з дрібним кроком нарізки 6 через фланець з отвором для виходу макухи 3. В результаті процесу попередньої підготовки олійного сировини до пресування відбуваються всередині пресуючого механізму, збільшується віджимання олії, а макуха на виході отримується з мінімальною залишковою олійністю.

Широко відомі формуючі вузли, які є основним робочим органом прес-екструдерів, призначені для додання напівфабрикату (макуха) необхідної форми. Формуючий вузол являє собою металевий диск або прямокутну пластину з наскрізними отворами, профіль яких визначає форму і зовнішній вигляд виробів.

Основним недоліком, що утрудняє експлуатацію таких формуючих вузлів є їх не висока продуктивність, прилипання (адгезія) напівфабрикату (макухи) до формуючих отворів, що в свою чергу призводить до їх заклинювання, а також неможливість автоматичного збільшення чи зменшення заданої ширини щілини.

Для точного регулювання опору формуючої фільери прес-екструдера і визначення витратно-напірних характеристик в процесі пресування запропонована конструкція регульовального пристрою матриці.

Поставлена мета досягається тим, що в формувальному вузлі прес-екструдера, що містить корпус і як мінімум одну фільеру в матриці з каналами, ширина яких зменшується від вхідного отвору до вихідного, і одна зі стінок виконана з можливістю зворотно-поступального переміщення, хвостовина рухомої частини забезпечена елементом трапецеїдальної багатозахідної різьби, упорною гайкою з аналогічною різьбою та нанесеною шкалою поділок.

Загальний вигляд формуючого вузла, що містить дві фільери показаний на рисунку 4.5.

стілки і відновлення нормальної течії продукту. Після чого здійснюються повернення рухомої стінки за допомогою упорної гайки до упору, з виходом на необхідний технологічний зазор. При пуску обладнання зазор встановлюють максимальним з поступовим зменшенням до технологічного.

Висновки. Побудовані робочі характеристики процесу екструдуювання олійної сировини відображають вплив технологічних параметрів процесу на параметри ефекту і дозволяють вивчити ступінь впливу кожного параметра на весь процес.

Запропоновані конструкції шнекового пресуючого механізму та формуючого вузла прес-екструдера.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

5.1 Охорона праці

Перехід суспільства до широкого використання ринкових відносин, виникнення різноманітних форм власності потребують розроблення нових підходів до побудови сучасної моделі управління охороною й безпекою праці на національному, регіональному й виробничому рівнях. У суспільстві із соціально орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики як держави, так і кожного підприємства та організації.

Проте нинішній рівень науково-технічного прогресу та соціально-економічні орієнтири розвитку сучасного суспільства не спроможні створити сприятливі умови для забезпечення добробуту людини, збереження її здоров'я. Особливо гостро ця проблема постає на виробничих підприємствах, де зберігається переважно застаріла матеріально-технічна база виробництва при незадовільних обсягах фінансування заходів з охорони праці. Усе це призводить до високого рівня травматизму і, як наслідок, до збільшення видатків підприємства та держави на виплати й компенсації потерпілим. Тому вкрай необхідним є вдосконалення системи охорони праці як важливого фактора підвищення ефективності виробництва на підставі детального дослідження економічних і соціальних її аспектів

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Охорону праці і здоров'я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України [22].

Домінуючими причинами формування несприятливих умов праці залишаються недосконалі технології, машини і механізми, їхня несправність,

невикористання засобів захисту, порушення правил техніки безпеки, режимів праці і відпочинку.

Охорона парці в умовах сільськогосподарського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

В роботі проводилися дослідження технологічного процесу виробництва рослинної олії. Розглянемо вимоги безпеки під час виконання робіт.

До роботи, ремонту та технічного обслуговування допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли навчання, відповідний інструктаж по охороні праці, про що повинен бути зроблений запис в журналі обліку з охорони праці.

Щоденно необхідно візуально перевіряти справність контуру заземлення.

Вмикання електродвигуна здійснюється через апарат теплового захисту.

Всі роботи по обслуговуванню та усуненню несправностей шнекового прес-екструдера проводять на непрацюючій установці при вимкненому двигуні.

З метою запобігання термічних опіків забороняється братися руками за ці нагріті елементи конструкції та підставляти руки під стікаючу олію. Не допускати розтікання олії.

Якщо не можливо припинити подачу електроенергії, то допускається розрив електричних ланцюгів особам в захисних окулярах, діелектричних рукавицях та в гумовому взутті чи стоячи на ізоляційній підставці.

Усі захисні засоби при прийманні їх в експлуатацію перевіряють, а потім періодично проводять контрольні випробування на напругу, величина якої не менше ніж в 3 рази перевищує робочу напругу мережі.

Перевірку справності заземлення на електроустановках з напругою до 1000В проводять не рідше 1-го разу на рік з чергуванням: один рік - літом при найбільшому просиханні ґрунту, другий рік - взимку, при найбільшому промерзанні ґрунту.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Забороняється виконувати роботу по ремонту та монтажу обладнання, якщо воно знаходиться в при піднятому стані.

До навантажувально-розвантажувальних робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичне обстеження. Завантаження, розвантаження і переміщення важких та громіздких вантажів необхідно здійснювати під керівництвом спеціально визначеної особи.

Виконання вимог безпеки сприяє зниженню травматизму до мінімуму.

З метою запобігання виробничого травматизму необхідно посилити контроль за дотриманням вимог безпеки при виконанні робіт; проводити своєчасне навчання з питань охорони праці; поновляти засоби колективного захисту, забезпечувати працюючих засобами індивідуального захисту; проводити своєчасно медичні огляди; застосовувати штрафні санкції за порушення вимог безпеки.

5.2 Екологічна експертиза

Завданням законодавства про екологічну експертизу є регулювання суспільних відносин в галузі екологічної експертизи для забезпечення екологічної безпеки, охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян і держави [21].

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єкта.

Основними завданнями екологічної експертизи є:

1) визначення ступеня екологічного ризику і безпеки запланованої чи здійснюваної діяльності;

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) організація комплексної, науково обґрунтованої оцінки об'єктів екологічної експертизи;

3) встановлення відповідності об'єктів експертизи вимогам екологічного законодавства, санітарних норм, будівельних норм і правил;

4) оцінка впливу діяльності об'єктів екологічної експертизи на стан навколишнього природного середовища, здоров'я людей і якість природних ресурсів;

5) оцінка ефективності, повноти, обґрунтованості та достатності заходів щодо охорони навколишнього середовища і здоров'я людей;

6) підготовка об'єктивних, всебічно обґрунтованих висновків екологічної експертизи.

Охорона навколишнього середовища і раціональне використання її ресурсів в умовах бурхливого зростання промислового виробництва стала однією з найактуальніших проблем сучасності.

Рідкі, тверді та газоподібні відходи завжди продукуються внаслідок процесів виробництва і повністю їх уникнути практично неможливо. Крім того, вони спричиняють забруднення довкілля і створюють екологічні проблеми, що також призводить до значної втрати придатних для використання матеріалів та енергії і вимагають додаткових коштів на проведення контролю відходів і вирішення екологічних проблем, тобто очищення забруднених територій і повітря.

Попередження забруднень включає заходи, спрямовані на зниження кількості забруднення з його джерела або інші заходи, які зменшують кількість або усувають повністю появу забруднюючих речовин до того, як вступають в дію інші заходи по управлінню відходами.

Технології зменшення відходів повинні бути ключовим компонентом будь-якої рентабельної, досконалої програми виробництва. Ці складові виробничих процесів не обов'язково повинні базуватися на високих технологіях або потребувати значних капіталовкладень. Технології зменшення відходів

можуть і повинні бути застосовані до будь-якого процесу, від найпростішого до складних виробничих процесів.

Шляхи зменшення відходів у переробній галузі можуть бути поділені на 4 основні групи:

- 1) управління використанням сировини і матеріалів;
- 2) модифікація і вдосконалення процесів виробництва;
- 3) зменшення об'ємів відходів;
- 4) утилізація відходів.

Для будь-якого виробництва першим кроком процесу вдосконалення операцій для мінімізації відходів є оцінка наявного виробничого процесу з метою виявлення шляхів вдосконалення його ефективності. Огляд повинен включати всі складові виробничого процесу, від поставки сировини через виробництво до зберігання готової продукції.

Засоби зменшення кількості шкідливих відходів:

- зменшення кількості відходів на джерелі, де вони продукуються, через зменшення кількості матеріалів, які використовуються для виробництва, їх заміну, внесення змін до виробничих процесів чи їх заміну більш екологічно безпечними, внесення змін до виробничого ланцюга. Необхідно визначити, на якому з етапів виробничого процесу продукуються шкідливі відходи, прослідкувавши виробничий процес в зворотному порядку від стадії обробки відходів;

- повторне використання у виробничому процесі: з усієї кількості отриманих відходів відділяється сировина, яка повертається на використання у цьому ж процесі. В межах підприємства відділяються ті, які мають певну цінність і можуть бути використані для інших галузей чи підприємств;

- замкнений цикл – ідеальна ситуація, коли всі відходи виробництва в повному обсязі повторно використовуються в цьому ж процесі;

- нульові викиди – ситуація, при якій у всіх відходах певного виробництва вміст шкідливих речовин нижчий від тих, які можна зареєструвати наявними засобами аналітичного контролю;

- реєстр токсичних речовин – підприємства повинні подавати відомості про викиди та транспортування з підприємств токсичних речовин і ця інформація повинна бути доступна для громадськості;

- засоби мінімізації шкідливих відходів обов'язково повинні передбачати постійний аналітичний контроль виробничих відходів. В ідеалі корисним є такий контроль на вході і виході кожного окремого технологічного процесу, а не загальний «контроль на виході», в якому основна увага приділяється обробці викидів підприємств, а не превентивним заходам;

- продукти, які є відходами одного виробничого процесу, відділяють і вони можуть служити сировиною для інших виробничих процесів.

5.3 Економічна ефективність розробок

В якості альтернативного об'єкту пропонується використовувати експериментальний варіант прес-екструдера ПЕШ-3/4 призначений для екструдування олійної сировини, базовою моделлю є одношнековий прес ДО 928PE, що використовується у виробництві.

Порівняння технологічного процесу з базовим та визначення економічної доцільності ведеться за показником приведених витрат.

Приведені витрати визначаються за формулами:

$$B_{\text{б}} = C_{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{б}}, \quad (5.1)$$

$$B_{\text{п}} = C_{\text{п}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (5.2)$$

де $B_{\text{б}}$, $B_{\text{п}}$ – приведені витрати на одиницю продукції відповідно по базовій та пропонованій технології, грн;

$C_{\text{б}}$, $C_{\text{п}}$ – собівартість одиниці продукції, грн;

$E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_{\text{н}}=0,15$);

$K_{\text{б}}$, $K_{\text{п}}$ – питомі капітальні вкладення, грн.

Собівартість річного випуску продукції визначаємо з виразу:

$$C = C_{\text{е}} + C_{\text{з}} + C_{\text{а}} + C_{\text{р}}, \quad (5.3)$$

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_e – витрати на електроенергію, грн;

C_3 – витрати на зарплату, грн;

C_a – витрати на амортизацію, грн.

Витрати на електроенергію:

$$C_{ел} = N_{дв} + Ц + \Phi_{д}, \quad (5.4)$$

де $N_{дв}$ – потужність електродвигуна, кВт;

$Ц$ – вартість 1 кВт·год.;

$\Phi_{д}$ – дійсний фонд часу, год.

$$\Phi_{д} = T \cdot (365 - B - D_{св}), \quad (5.5)$$

де B – вихідні дні;

$D_{св}$ – святкові дні;

T – робота машини за зміну, год.

$$\Phi_{д} = 8 \cdot (365 - 104 - 11) = 2000 \text{ год.},$$

$$C_{ел б} = 1,68 \cdot 11 \cdot 2000 = 36960 \text{ грн},$$

$$C_{ел п} = 1,68 \cdot 7,5 \cdot 2000 = 25200 \text{ грн}.$$

Витрати на зарплату:

$$C_3 = C_{ос} + C_{дод} + C_{соц}; \quad (5.6)$$

де $C_{ос}$ – основна зарплата, грн;

$C_{дод}$ – додаткова зарплата (15% від $C_{ос}$), грн;

$C_{соц}$ – соціальні відрахування, грн.

$$C_{ос} = C_{год} \cdot \Phi_{д} \cdot P, \quad (5.7)$$

де $C_{год}$ – годинна тарифна ставка, грн/год. (25,3)

P – кількість працівників, чол.

$$C_{ос} = 25,3 \cdot 2000 \cdot 1 = 50600 \text{ грн},$$

$$C_{дод} = 50600 \cdot 0,15 = 7590 \text{ грн},$$

$$C_{соц} = 58190 \cdot 0,22 = 12802 \text{ грн},$$

$$C_3 = 50600 + 7590 + 12802 = 70992 \text{ грн},$$

Витрати на амортизацію обладнання:

$$C_a = H_a \cdot K_{об}/100, \quad (5.8)$$

де $H_a = 7,5\%$ - норма річних амортизаційних відрахувань на реновацію обладнання;

$K_{об}$ - капітальні вкладення в обладнання, грн.

$$K_{об} = Ц_{об} \cdot (1 + K_T + K_M), \quad (5.9)$$

де K_T – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати;

K_M – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж.

$$K_M + K_T \approx 0,1,$$

$$K_{об} = 15000 \cdot 1,1 = 16500 \text{ грн},$$

$$K_{об\text{п}} = 14045 \cdot 1,1 = 15450 \text{ грн},$$

$$C_{а\text{б}} = 7,5 \cdot 16500 / 100 = 1238 \text{ грн},$$

$$C_{а\text{п}} = 7,5 \cdot 15450 / 100 = 1159 \text{ грн}.$$

Витрати на всі види ремонту обладнання, грн:

$$C_p = H_p \cdot K_{об} / 100, \quad (5.10)$$

де $H_p = 4\%$ - норма відрахувань на всі види ремонту обладнання.

$$C_{p\text{б}} = 4 \cdot 16500 / 100 = 660 \text{ грн},$$

$$C_{p\text{п}} = 4 \cdot 15450 / 100 = 618 \text{ грн}.$$

Собівартість річного випуску продукції за базовим та пропонованим варіантами:

$$C_{б} = 36960 + 70992 + 1238 = 109190 \text{ грн},$$

$$C_{п} = 25200 + 70992 + 1159 = 97351 \text{ грн}.$$

Приведені витрати за базовим та пропонованим варіантами:

$$B_{б} = 109190 + 0,15 \cdot 16500 = 111665 \text{ грн},$$

$$B_{п} = 97351 + 0,15 \cdot 15450 = 99669 \text{ грн}.$$

Річний економічний ефект E від впровадження пропонованого технологічного процесу:

$$E = (B_{б} - B_{п}) \cdot N_{п}, \quad (5.11)$$

де $N_{п}$ – планований річний об'єм виробництва продукції за пропонованим варіантом:

$$E = (111665 - 99669) \cdot 140 = 1679440 \text{ грн}.$$

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники розробки

Показники	Варіанти	
	базовий	пропонований
Продуктивність, л/год.	40	40
Річна програма випуску, т/рік	140	140
Споживана потужність, кВт	11	7,5
Кількість працівників, чол.	1	1
Капітальні вкладення, грн.	16500	15450
Собівартість:		
- річного випуску продукції, грн/год.	111665	99669
-1 тонни, грн/т	798	
Річний економічний ефект, грн.	-	1679440

Отже, від впровадження розробки очікується зниження енергоємності технологічного процесу віджиму олії, собівартості готової продукції. Очікуваний річний економічний ефект 1679440 грн.

ВИСНОВКИ

1. Перспективним напрямком розвитку процесу екструдювання олійної сировини є оптимізація конструкції шнекового пресуючого механізму.
2. Розроблено математичну модель процесу екструдювання олійної сировини, яка дозволяє проводити параметричний синтез об'єкту.
3. Запропоновано поняття величини коефіцієнта відтоку олії по довжині сепаруючого циліндра, який визначений експериментально.
4. Розроблено аналітичну методику визначення реологічних параметрів екструдюємих матеріалів.
5. При ідентифікації математичної моделі визначено реологічні параметри олійної сировини: коефіцієнт консистенції $\mu_0^* = 0,0343$ МПа·сⁿ і індекс течії $n = 0,28$; визначені значення коефіцієнтів відтоку олії по довжині сепаруючого циліндру в залежності від кутової швидкості та відносної довжини каналу шнека.
6. Для оцінки якості процесу екструдювання олійної сировини, в комплекс параметрів ефекту введена відносна продуктивність пресуючого механізму, що визначається як добуток коефіцієнтів відтоку олії по секціях.
7. Проведена оптимізація дозволила визначити оптимальні значення параметрів пресуючого механізму: глибина каналу - 0,007 м, осьова товщина лопаті - 0,005 м, крок гвинтової лопаті шнека - 0,032 м.
8. За результатами параметричного синтезу об'єкта запропоновані конструктивні рішення пресуючих механізмів та регулюючого пристрою матриці преса-екструдера.
9. Проведений економічний розрахунок показує, що від впровадження розробки очікується зниження енергоємності технологічного процесу віджиму олії, собівартості готової продукції. Очікуваний річний економічний ефект 1679440 грн.

					КРМ.133ГМмд_22.05.000 ПЗ	64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		