

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв
імені професора Ф. Ю. Ялпачика

«Допущено до захисту»

протокол № 272-С

від «03» червня 2025 року

Зав. кафедрою ОПХВ

д.т.н, професор

 Кирило САМОЙЧУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

СВО «Бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг харчових і перероб-
них виробництв»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(освітній ступінь, ОПП, спеціальність)

**на тему: Вдосконалення конструкції шнекового пресу для отримання рослинної
олії в умовах м. Мелітополя Запорізької області**

19ХВД.9683786.06.25

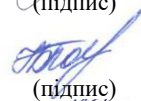
Виконав: студентка 4 курсу, 41ГМ групи


(підпис)

Анна ДОВБНЯ
(прізвище та ініціали)

Керівник:

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА
(прізвище та ініціали)

Консультант з ОП:

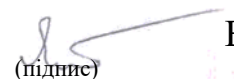
К.С.-Г.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Михайло ЗОРЯ
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ЯЛПАЧИК
(прізвище та ініціали)

Рецензент:

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Олена ДЕРЕЗА
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет механіко-технологічний
Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв імені професора
Ф.Ю. Ялпачика
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ОПХВ
д.т.н., професор Кирило САМОЙЧУК
(підпис) (ініціали та прізвище)

 «28» березня 2025р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТЦІ Довбня Анна Андріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення конструкції шнекового пресу для отримання рос-
линної олії в умовах м. Мелітополя Запорізької області

керівник роботи к.т.н., доцент Паляничка Надія Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 21 » жовтня 2024 р. № 482-С

2. Строк подання студентом роботи « 14 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи асортимент випускаємої продукції в регіоні, об'єми
випуску продукції, вид продукції, вид машини для вдосконалення

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства

2. Вдосконалити конструкцію машини

3. Провести розрахунок вдосконаленої машини

4. Розробити заходи з охорони праці

5. Провести економічну оцінку вдосконалення

6. Виконати графічну частину кваліфікаційної роботи

5 Перелік графічного матеріалу:

Лист 1 – Структурно-апаратна схема виробництва продукції _____

Лист 2 – Аналіз конструктивних рішень вдосконалення _____

Лист 3 – Креслення загального виду машини (вузла) до вдосконалення _____

Лист 4 – Креслення загального виду машини (вузла) після вдосконалення _____

Лист 5 – Креслення деталей _____
Лист 6* – Охорона праці _____
або Лист 6* – Економічне обґрунтування проекту _____

					19ХВД.9683786.06.25ПЗ	Лист
						3

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
IV	к.т.н., доцент Зоря М.В.	31.03.2025	

6. Дата видачі завдання 31.03.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи чи проекту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності регіону розташування підприємства	травень	
Розділ 2. Вдосконалення конструкції машини	травень	
Розділ 3. Розрахунок вдосконаленої машини	травень	
Розділ 4. Охорона праці	червень	
Розділ 5. Економічне обґрунтування проекту	червень	
Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	червень	
Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	червень	

Студент

(підпис)

Анна ДОВБНЯ
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Надія ПАЛЯНИЧКА
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему “Вдосконалення конструкції шнекового пресу для отримання рослинної олії в умовах м. Мелітополя Запорізької області” включає 68 сторінок розрахунково-пояснювальної записки, що складається з п’яти розділів, трьох таблиць, дев’яти ілюстрацій, а також графічної частини обсягом 6 аркушів формату А1. У процесі підготовки проєкту було використано 30 найменувань літературних джерел.

Об’єктом дослідження виступає ВАТ «Мелітопольський олійноекстракційний завод», одним із напрямів діяльності якого є виробництво рослинної олії у спеціалізованому олійно-пресовому цеху.

Конструкторський розділ передбачає модернізацію шнекового преса з метою підвищення ефективності його експлуатації. В роботі також розглянуто організаційні заходи з охорони праці при експлуатації машини та проведено аналіз потенційних виробничих ризиків, пов’язаних з її роботою.

На основі технічних характеристик модернізованої конструкції здійснено порівняльний економічний аналіз розробленої моделі та її промислового аналога.

Ключові слова: прес, соняшник, м’ятка, зер, пресування, віджим, олія.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНУ РОЗТАШУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	9
1.1 Характеристика підприємства	9
1.2 Огляд технології виробництва продукції.....	10
1.3 Аналіз машин і обладнання лінії виробництва продукції та їх стисла характеристика.....	15
Розробка проектного завдання.....	22
2. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ	23
2.1 Опис конструкції і принципу дії машини.....	23
2.2 Вимоги до класу машин.	26
2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини.	30
2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення.....	35
Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення.....	37
3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ.	40
3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини (вузла).....	40
3.2 Енергетичний розрахунок машини (вузла).	43
3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини (вузла)	45
Висновки за розділом.	46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства.....	47
4.2 Аналіз небезпек	48
4.3 Планування заходів з охорони праці.....	50
4.4 Інженерні розрахунки.....	52
Висновки за розділом.	54
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	55
5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини	55

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого	
обладнання	59
Висновки за розділом.....	64
ВИСНОВКИ ПО ПРОЄКТУ	65
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	66

ВСТУП

В Україні щорічно зростає попит на збільшення обсягів виробництва соняшникової олії. У зв'язку з цим одним із пріоритетних завдань аграрної галузі залишається нарощування випуску продукції, отриманої внаслідок переробки соняшникового насіння.

Сучасні технологічно й економічно ефективні методи приймання, оброблення, зберігання та переробки соняшнику сприяють зменшенню втрат, збереженню його якісних характеристик та забезпечують більш раціональне використання цієї важливої харчової сировини.

Продукти, вироблені з насіння олійних культур, містять практично всі поживні речовини, необхідні для повноцінного харчування людини. Зокрема, у насінні соняшнику загальна частка вуглеводів становить 24 - 27 %, з них целюлоза – 13–16 %, геміцелюлоза – 1–2 %, цукри – 2–4 %. Основу мінерального складу утворюють оксиди фосфору, калію, кальцію та магнію, які разом формують до 90 % загального вмісту зольних речовин.

Серед рослинних олій, що споживаються в Україні, провідне місце займає соняшникова – вона є як популярним продуктом харчування, так і сировиною для виробництва маргаринової продукції [1, 27].

Варто підкреслити, що близько 90 % споживачів надають перевагу саме соняшниковій олії. Ще за радянських часів більшість українців звикли до нерафінованої олії насиченого жовтого або навіть помаранчевого кольору з характерним ароматом смаженого насіння. Ця звичка збереглася й донині, її підтримує національний ДЕРЖСТАНДАРТ, норми якого значно відрізняються від міжнародних – зокрема, за рівнем кислотного та перекисного числа, які в Україні у кілька разів вищі. Водночас у великих містах споживачі дедалі частіше обирають рафіновану олію, позбавлену запаху й смаку.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНУ РОЗТАШУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

Відкрите акціонерне товариство «Мелітопольський олійноекстракційний завод» розташоване в південній частині України – у Запорізькій області, в місті Мелітополь, на вулиці Фрунзе, 31.

Регіон, де функціонує підприємство, має рівнинний рельєф і переважає чорноземний тип ґрунтів. Поля відзначаються різноманітністю ґрунтів за фізико-хімічними та гідрофізичними характеристиками. Верхній гумусовий шар добре розвинений, темно-сірого кольору, з пилювато-грудкуватою структурою. Вміст гумусу на поверхні становить близько 3,5 %. Залежно від реакції середовища, ґрунти поділяються на південні чорноземи глинистого складу, а в межах садів – на чорноземи садового типу.

Клімат території – степовий, помірно континентальний: літо тут спекотне, а зима тепла і малосніжна. Характерною є помітна посушливість. Середня температура повітря в липні сягає +23 °С, у січні – приблизно – 4 °С. Найбільше опадів припадає на літні місяці, часто у вигляді злив. У квітні–травні трапляються суховії та іноді — пилові бурі. Взимку переважає північно-східний вітер, а в літній період – східний або південно-східний. В середньому на рік припадає до 225 сонячних днів.

Основну сировину для переробки на підприємстві ВАТ «Мелітопольський олійноекстракційний завод» забезпечує власна агросировинна база. Спеціалізація сільськогосподарського виробництва формується відповідно до основної продукції – у цьому випадку, соняшнику.

Мелітопольський завод виготовляє рафіновану та дезодоровану соняшникову олію, яка є основною сировиною для майонезів і маргаринів. На підприємстві було створено високотехнологічний комплекс з підготовки та очищення олії, який

не лише забезпечує власні потреби, але й постачає продукцію іншим виробникам харчових товарів.

У 2009 році завод вивів на ринок бутильовану соняшникову олію під торговою маркою «Олком», що стало знаком якості для споживачів. Так продукція високого рівня стала доступною і на роздрібному ринку.

Дизайн упаковки було розроблено з урахуванням естетичних вподобань і зручності для українського споживача. Однією з переваг продукції ТМ «Олком» є нестандартна тара: замість звичних 0,5 та 1 літра – випускаються ємності на 0,75, 1,5 та 3 літри, що вважається більш зручним для покупців.

Соняшникова олія під маркою «Олком» рафінована, дезодорована та виморожена, не втрачає якості при впливі високих температур, витримує багаторазовий нагрів без шкоди для готових страв. Такі властивості забезпечуються завдяки ретельному очищенню.

Олія містить вітамін Е, має високу енергетичну та поживну цінність і ідеально підходить для традиційного використання в побуті – для смаження, випікання, запікання та в якості заправки для салатів.

1.2 Огляд технології виробництва продукції

Відповідно до технологічної схеми (рис. 1.1), на підприємстві застосовується широкий спектр обладнання для добування рослинної олії.

У процесі очищення сировини в сепараторах зазвичай використовують кілька сит, кожне з яких виконує специфічну функцію та розміщується у певній послідовності.

Типовим є розташування сит у сепараторі типу ЗСМ. Перше сито на шляху руху суміші виконує приймальну функцію – воно має найбільші отвори, через які виводяться великі бур'яністі домішки. Насіннєва маса разом із дрібними включеннями проходить крізь це сито.

Наступним етапом суміш надходить на сортувальні сита. Тут на сході залишаються більші чисті насінини, а через отвори проходять дрібне насіння і доміш-

ки. Ці частки потрапляють на підсівні сита, де дрібне сміття остаточно відділяється шляхом просіювання.

Щоб забезпечити рівномірне навантаження на сита і досягти максимальної ефективності та продуктивності, у зерноочисних сепараторах часто паралельно встановлюють однакові типи сит. [35].



Рисунок 1.1 – Технологічна схема переробки олійної сировини

У зерноочисних сепараторах також широко застосовується принцип відокремлення насіння від домішок за аеродинамічними характеристиками, зокрема за швидкістю витання в повітряному потоці. Комбіновані машини, які виконують функції очищення, обладнані вертикальними пневмосепаруючими каналами.

Рівень ефективності розділення у таких каналах визначається відмінностями

у швидкості витання між частинками домішок і насіння, а також конструктивними особливостями каналів і умовами подачі суміші. Велике значення має стабільність повітряного потоку та рівномірність подачі матеріалу в зону сепарації.

Для вилучення металевих включень, зокрема феромагнітних частинок, використовуються спеціальні електромагнітні сепаратори, а також додатково монтуються магніти в конструкції зерноочисних сепараторів.

На підприємствах олієпереробної галузі функціонують різні типи зернових сепараторів. Попри відмінності у конструкції, типорозмірах і марках, вони мають багато спільного. Основні вузли кожного апарата закріплені на загальній рамі й включають: приймальний блок з подаючим пристроєм; ситові рами, встановлені в корпусі машини; аспіраційну систему; а також привідний механізм.

Головне завдання підготовчого етапу – отримання очищеного олійного матеріалу у вигляді подрібненого ядра з мінімальним вмістом оболонок, що називається «м'яткою». Цей продукт згодом надходить до стадії вилучення олії методом пресування або екстрагування [8].

Для досягнення цього проводяться наступні технологічні операції: обрушення насіння, розділення рушанки, подрібнення ядра.

Після проходження через обрушувальний пристрій насіння трансформується у рушанку – неоднорідну суміш дисперсного типу, що містить ядро, лузгу, недообрушене насіння та дрібні частки.

Ядро і лузга становлять основні морфологічні елементи насіння. Недорупшем називають зерна, які після обрушення втратили лузгу лише частково. У складі рушанки також присутні насінини, які не піддалися обрушенню – це так званий цяляк [26].

Січка – це дрібні фрагменти ядра, розмір яких менший за половину розміру цілого ядра. Якщо частинки ядра більші за половину, їх зараховують до фракції ядра. Дуже дрібні частинки називаються олійним пилом.

Операція поділу рушанки має на меті формування окремих технологічних потоків [31]:

– потоку ядра, що далі спрямовується на добування олії (до нього також

входять січка та олійний пил як супутні фракції);

– потоку лузги, вилучення якої необхідне для зменшення втрат олії, що абсорбується її пористою структурою, зниження обсягів оброблюваної маси, зменшення навантаження на устаткування та недопущення погіршення якості олії через потрапляння ліпідних домішок;

– потоку недообрушених зерен, що підлягають повторному обрушенню.

Відмінність фізичних характеристик компонентів рушанки є визначальним фактором для вибору методу її розділення, а також для розробки технологічної схеми та режимів роботи обладнання.

На сьогодні широке розповсюдження мають два типи машин: одні здійснюють первинне сортування рушанки за розмірами на ситах, а далі – за аеродинамічними параметрами в потоці повітря.

Процес подрібнення сприяє руйнуванню клітинної структури олієвмісного матеріалу, що значно покращує витяг олії як при пресуванні, так і під час екстрагування. Рівень вилучення олії прямо залежить від повноти руйнування клітинних оболонок.

Існують різні технології подрібнення насіння та ядра, зокрема: стискання зі зсувом, тертя, удар і роздавлювання. У подрібнювальних машинах, зокрема на вальцових верстатах, реалізуються ці методи в різних поєднаннях. Наприклад, у вальцях основним є роздавлювання, але також спостерігається стиск зі зсувом і тертя.

Фізичні властивості матеріалу, особливо вологість і вміст лузги, істотно впливають на якість подрібнення. Ядро – складна структура, що має пружно-в'язкі характеристики, і при підвищенні вологості його міцність зменшується. Оптимальна вологість для подрібнення на вальцях становить 5,6–6 %. Надмірний вміст лузги, яка має тверду оболонку, негативно впливає на якість подрібнення. Також швидкість подачі матеріалу має значення: при її збільшенні зменшуються межі пропорційності та міцності [11].

Вальцові верстати, які застосовуються для подрібнення насіння, можуть мати різне взаємне розташування валків – вертикальне, горизонтальне або під ку-

том. Валки відрізняються за діаметром і типом поверхні – гладка або рифлена [32].

Вологотеплова обробка (смаження) – це процес, під час якого здійснюється регулювання вологості й температури подрібненої олійної маси (м'ятки) перед її пресуванням. Результатом цієї операції є утворення мезги.

Подрібнену м'ятку транспортують за допомогою норій і шнекових конвеєрів до пропарювально-зволожувального шнека. Звідти оброблена маса подається в чан-жаровню, де завершується вологотеплова обробка, і на виході отримують готову мезгу [33].

Отримана після жаровні мезга надходить у шнекові преси для первинного вилучення олії. У процесі пресування частина жиру видаляється, а отриманий знежирений твердий залишок – макуха (або пресова черепашка) – направляється на подальшу переробку методом екстракції для остаточного добування олії.

Разом з олією із преса виходить певна кількість твердих мікрочастинок – так званий осип. Це зумовлює потребу в очищенні сирової олії від механічних домішок і поверненні осипу назад у жаровню.

Очищення олії виконується у два етапи: на першому – методом відстоювання видаляються великі тверді частинки за допомогою гуцеловушок, на другому – залишки дрібнодисперсних домішок затримуються фільтрами. Очищена олія після цього виводиться з виробничого цеху [4, 25].

Метод пресування попередньо підготовленого матеріалу є поширеним способом механічного добування олії не лише на пресових, а й на маслоекстракційних заводах, де основною технологічною схемою є комбінація пресування й екстрагування. За цією схемою можна отримати до 75 % загального виходу олії.

Сучасне виробництво використовує виключно безперервну схему пресування на шнекових пресах.

Шнекові преси поділяються на форпреси – для початкового вилучення жиру, і експелери – для остаточного добування олії.

Отримана в результаті пресування олія є суспензією з твердими включеннями, тому потребує очищення. Розділення таких систем здійснюють за допомогою

Ситові кузови мають конструкцію у вигляді багатошарових пакетів. Кожен кузов підвішується до рами машини за допомогою чотирьох вертикально розташованих плоских сталевих пружин.

У верхньому ситовому кузові розміщено три сита. Перше з них – коротке приймальне сито – нахилене під кутом 6° і обладнане великими круглими отворами. Його призначення – затримувати великі домішки, які виводяться сходом. Два наступні сита в цьому ж кузові ідентичні тим, що знаходяться в нижньому кузові.

Перше з двох нижніх сит виконує сортувальну функцію. Воно має круглі отвори діаметром 10 і встановлене під нахилом 11° . Тут великі насінини залишаються сходом, а дрібні фракції проходять далі на підсівне сито, також з круглими отворами, яке відділяє легкі домішки, що проходять крізь отвори (підсів).

Під кожним ситом встановлено інерційний пристрій, який очищає отвори під час роботи. Обидва ситових кузови – верхній та нижній – виконують зворотно-поступальний рух, який забезпечує маятниковий механізм ексцентрикового типу, закріплений на передніх стінках кожного кузова. Приводиться він у дію електродвигуном через клинопасову передачу [11, 17].

Принцип дії сепаратора такий: насіння через завантажувальний патрубкок надходить у приймальну коробку. Завдяки шнековому механізму з поворотними витками та вантажними клапанами, які відкриваються під дією сили ваги, забезпечується рівномірне надходження шару насіння по всій ширині подаючої щілини.

Потік насіння спрямовується в канал першої аспірації, де його обробляє вертикальний повітряний струмінь, що видуває легкі домішки в осадову камеру. Основна маса насіння потрапляє на приймальне сито: дрібні частинки проходять крізь нього, а великі домішки йдуть сходом. Далі за допомогою розподільного лотка потік розділяється на два паралельні потоки, які подаються в два ситових кузови.

У кожному з них насіння спочатку потрапляє на сортувальне сито – великі насіння йдуть сходом, а дрібні – проходом потрапляють на підсівне сито, де виділяються дрібні домішки. Схід із підсівних сит направляється в канал другої аспі-

рації, де масу вдруге обробляє повітряний потік. У результаті легкі домішки знову відокремлюються і потрапляють до осадової камери. Запилене повітря із камер відсмоктується вентилятором і надходить у циклон.

Грубі домішки, які залишилися на приймальному ситі, виводяться з машини через поперечний лоток. Підсів з обох кузовів збирається на спеціальних днищах, з'єднується всередині машини й також виводиться через лоток. Потік очищеного насіння, однак, не звільняється від металевих домішок, оскільки сепаратор не обладнаний магнітними пристроями [23].

Камневідбірник виконує функцію виділення з насіннєвого матеріалу мінеральних домішок (камені, галька, скло, металеві фрагменти), які за розміром можуть бути подібними до самих насінин.

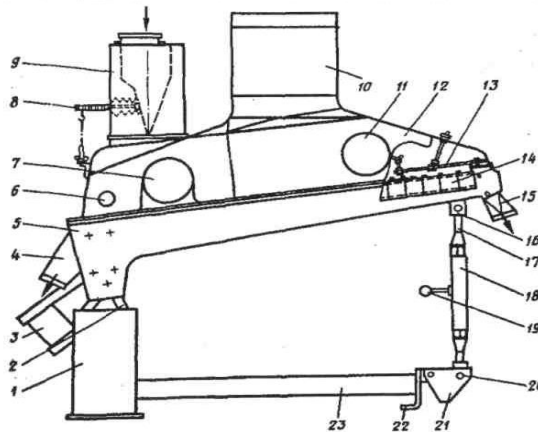


Рисунок 1.3 – Схема камневідбірника

Принцип функціонування камневідбірника ґрунтується на різниці густини між частинками суміші. На нахилений вібруючий площині – деці – шар суміші переходить у псевдозріджений стан під впливом механічного й повітряного впливу, внаслідок чого більш щільні частки опускаються до нижнього шару, ближче до поверхні. Розділення у безперервному потоці забезпечується завдяки підвищеному коефіцієнту тертя між частинками та плетеною металевою сіткою, що вистилає деку. У результаті щільніші частки переміщуються у напрямку до піднятого краю деки, а легші частки в ожигеному стані рухаються до протилежної – зниженої – сторони. Конструктивну схему камневідбірника моделі РЗ-БКТ-100 зображено на рисунку 1.3.

Основним функціональним елементом пристрою є дека 14, в основі якої – рамна конструкція, обтягнута зверху металевою сіткою. Рама виготовлена у формі решітки з осередками 55×55 мм із вертикальних поперечних і поздовжніх елементів, виконаних з алюмінієвого сплаву. Знизу до рами прикріплене сито з отворами діаметром 3,2 мм, яке відповідає за рівномірний розподіл повітряного потоку при роботі машини через аспіраційний патрубок 10.

Дека монтується на вібраційний стіл 5, що встановлений на двох опорних стійках 1 та центральній трубчастій стійці 18. На опорних стійках розміщені пружні елементи 2, встановлені під певним кутом. Центральна труба оснащена шарнірними з'єднаннями 16 і 20, амортизаторами та механізмом зміни висоти 17, що регулюється рукояткою 19. Сайлентблок виконаний з двох сталевих труб різного діаметра, між якими запресовано гумову втулку. Такий вузол забезпечує гнучке з'єднання між нерухомою та рухомою частинами машини. Знизу трубчаста стійка через сайлентблок кріпиться до кронштейна 21, а через сполучну балку 23 та опору 22 замикає всю систему. Коливання вибростолу створює вібратор 3 [17, 23, 29].

Сировина надходить у машину через завантажувальний пристрій 9, де розміщено регулятор положення клапана 8, що забезпечує рівномірну подачу насіння по площині деки та запобігає всмоктуванню повітря ззовні через завантажувальний патрубок. Важкі мінеральні домішки виводяться через лоток 15 з боку піднятого краю деки, а очищене насіння виходить через лоток 4 з іншого боку.

Аспіраційна насіннєвійка типу M2C-50 складається з двох функціональних одиниць: розсівача та війки, розташованих одна над одною і з'єднаних гнучкими рукавами.

Розсів насіннєвійки призначений для розділення рушанки на фракції з незначною варіацією розмірів. Компоненти, які опинились в одній фракції за розмірами (передусім ядро й лузга), мають істотні відмінності в аеродинамічних характеристиках. Тому чітке розділення фракцій у війкових каналах можливе лише за умови ефективної роботи розсівача.

Конструктивно розсів виконано у вигляді дерев'яного короба з триярусною системою сит, встановлених під нахилом $3...5^\circ$ до горизонту. Короб поділений

вертикальною перегородкою на дві симетричні частини, у кожній із яких містяться по два однакових сита на кожному ярусі. Під кожним ситом встановлено приймальні піддони з різними нахилами: на початку сита нахил піддону протилежний до нахилу сита, а ближче до кінця – збігається з ним. Це сприяє ефективному збору та виведенню просіяних частинок.

У розсіві використовують штамповані сита з круглими отворами, діаметр яких змінюється як між ярусами, так і по довжині одного сита. Для покращення процесу просіювання встановлюються ворушители [2, 23].

Підвішування розсівача здійснюється за допомогою чотирьох тросів до стельової конструкції над війкою. У верхній частині встановлюється приймальна камера з гнучким патрубком для подачі рушанки. Знизу, з протилежного боку, розташовані шість гнучких рукавів для передачі сформованих фракцій до каналів аспіраційної війки.

У центрі верхньої частини розсіва встановлено привідний механізм, який складається з вертикального валу, шківів та двох балансірів. Вантажі на балансирах розміщені ексцентрично й можуть змінюватися, що дозволяє регулювати амплітуду кругових поступальних рухів розсіва, змінюючи масу балансірів. Обертальний рух вертикального вала разом з балансирами передається від електродвигуна через кубічну передачу, причому сам двигун закріплений на кронштейні, встановленому на кришці корпусу розсіва.

Аспіраційна війка є прямокутним дерев'яним корпусом, який за допомогою поздовжніх перегородок розділений на шість окремих каналів. У верхній частині корпусу, безпосередньо під патрубками, через які надходять фракції рушанки з розсіва, розміщений живильний механізм. Він складається з одного загального рифленого вала та окремих рухомих заслінок для кожного з каналів. Під живильним пристроєм знаходиться декілька (зазвичай чотири або п'ять) нахилених металевих поличок-жалюзі. Виготовлені з тонкої сталевих пластини (товщиною 1 мм), ці полички мають регульований кут нахилу, що дозволяє змінювати режими сепарації [24].

У нижній частині корпусу війки знаходяться три конусоподібні бункери з автоматичними заслінками. Кожна заслінка – це проста шарнірна пластина. Коли вентилятор вимкнений, заслінки перебувають у відкритому (висячому) положенні, дозволяючи повітрю вільно проходити через вершини конусів. Увімкнення вентилятора створює розрідження в корпусі, і клапани повертаються, щільно закриваючи отвори. У процесі накопичення фракцій у конусах тиск зростає, і, коли він перевищує створене розрідження, заслінка відкривається, випускаючи фракції у нижні шнеки. Після цього клапан автоматично закривається.

Кожен із шести каналів обладнаний шибером для регулювання швидкості повітряного потоку. Ці шибери розміщено на задній частині корпусу війки, а керуючі рукоятки виведені на передню частину – це дає можливість зручно регулювати потік, спостерігаючи процес поділу на жалюзі. Усередині корпусу війки встановлені ґрати та дві перегородки, які спрямовують повітряний потік та покращують ефективність сепарації частинок.

Усі шість каналів під'єднані до одного вентилятора, який приводиться в рух електродвигуном через клинопасову передачу. Від того ж двигуна, через контрпривод, здійснюється привід живильного вала.

У робочому режимі розсів виконує круговий поступальний рух завдяки відповідному механізму. Рушанка надходить через гнучкий рукав у приймальну коробку, далі – на сита верхнього ярусу.

Процес сепарації у розсіві відбувається наступним чином. Сита верхнього ярусу поділені на дві зони за розміром отворів: на початку ділянки – 0,6 мм, на кінці – 0,7 мм. Потрапивши на початкову ділянку, рушанка розділяється: прохід (дрібні частинки) проходить через отвори 0,6 мм і по піддону з протилежним нахилом спрямовується на початок середнього ярусу; сходом ідуть більші частки, які проходять далі на другу ділянку сита й розділяються: сходом (фракція понад 0,7 мм – велика лузга та цілі насіння), що направляється у перший канал війки, і проходом (частки від 0,6 до 0,7 мм – ядро й лузга), що надходить у другий канал.

На середньому ярусі сита мають отвори 4,5 мм (на початку) і 0,5 мм (у кінці). Сходом відділяються велике ціле ядро, фрагменти лузги – все це спрямовується

ся в третій канал війки. Прохід через отвори 4,5 мм скочується на нижній ярус, а прохід через отвори 0,5 мм, що містить ядро та лузгу середнього розміру, потрапляє в четвертий канал.

Сита нижнього ярусу мають отвори 2,5 мм і 3 мм. Сходом із цих сит проходить дрібна січка та фрагменти лузги – у п'ятий канал. Прохід із найменших отворів (0,25 мм) формує сьому фракцію, яка не проходить через війну, а одразу виводиться в потік ядра. Прохід через отвори 0,3 мм (дрібні частки ядра та лузги) направляється в шостий канал війки [23].

Усі шість фракцій по рукавах потрапляють у живильний пристрій війки та осідають на похилі металеві полицки. Пересипаючись із однієї на іншу, вони піддаються впливу повітря, яке втягується в зазори між полицками вентилятором.

Повітряний потік захоплює легкі компоненти, які втягуються в аспіраційні канали, а важкі компоненти продовжують пересипання і виходять із нижнього отвору війки.

Легкі частинки – це переважно лузга, а важкі – ядро та цілі насіння. Через складність процесу повного поділу деяка частина ядра виноситься з лузгою, і навпаки [3, 18].

Після жалюзі повітря разом із частинками потрапляє у розширену частину каналу – перший конус, де зниження швидкості потоку спричиняє осідання крупної лузги та частини ядра. Ця суміш, що називається перевієм, містить цінні компоненти і повертається на повторну обробку.

Далі потік прямує до ґрат, де знаходиться другий конус. Тут осідає основна маса лузги. Повітря змінює напрям ще двічі, проходячи через перегородки, що сприяє осіданню залишків у третьому конусі. Однак повністю очистити потік неможливо – залишкова дрібна лузга, пройшовши через шибер і вентилятор, викидається в систему повітроочищення.

Хоча шнекові преси мають велику різноманітність конструкцій, вони також мають багато спільного, зокрема базову структуру, яку можна розглянути на прикладі преса типу К–2.

Розробка проектного завдання

У ході аналізу виробничо-господарської діяльності відкритого акціонерного товариства «Мелітопольський олійноекстракційний завод» було встановлено, що підприємство демонструє високі результати, зокрема спостерігається стабільне зростання обсягів переробки сировини. У зв'язку з цим постає потреба у виборі найбільш раціональної технології виробництва рослинної олії, проведенні аналізу стану служби охорони праці на підприємстві та розробці заходів для усунення виявлених недоліків у її функціонуванні. Для забезпечення сталих виробничих показників важливо максимально ефективно задіювати наявні технічні засоби, а також модернізувати обладнання, яке не відповідає сучасним вимогам щодо якості та економічної ефективності.

Одним із першочергових завдань є досягнення рівня собівартості продукції, що не перевищує, а бажано – є нижчим за аналогічний показник на підприємствах-конкурентах у сфері виробництва олії. Цього можливо досягти завдяки вдосконаленню технологічного процесу та оновленню машинно-технічної бази, зокрема такої одиниці обладнання, як шнековий прес К-2, що дозволяє підвищити якість кінцевої продукції – рослинної олії.

З огляду на зазначене, тема дипломного проєкту сформульована так: «Вдосконалення конструкції шнекового пресу для отримання рослинної олії в умовах м. Мелітополя Запорізької області».

2 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ

2.1 Опис конструкції і принципу дії машини

У різних секторах харчової промисловості активно застосовується пресове обладнання, яке класифікується за наступними ознаками:

1) За типом зовнішнього прикладеного тиску:

- періодичної дії: пакетні преси; корзинні (гідравлічні, одно- та дводискові, пневматичні); чашкові пневматичні; рамні фільтр-преси;
- безперервної дії: шнекові, конвеєрні, вальцьові, ексцентрикові;
- комбінованої дії: карусельного типу (порційно–безперервна робота).

2) За принципом використання інерційної (маси) сили:

- періодичної дії: фільтрувальні центрифуги; ємності для самопресування; ротаційні охолоджувачі-зневоднювачі;
- безперервної дії: шнекові відстійні центрифуги, шнекові фільтруючі центрифуги, барабанні зневоднювачі.

3) За дією комбінованих сил:

- періодичної дії: ємності-преси для самопресування.

У виробництві олії часто застосовується двоступеневе вилучення жиру з мезги: первинне (попереднє) та остаточне.

Початкове відтискання олії здійснюється перед остаточним знежиренням або шляхом екстракції, або повторним пресуванням у шнекових пресах — експелерах. Залежно від умов підготовки мезги та типу використовуваного обладнання, попереднє вилучення може проводитись трьома основними способами:

Форпресування мезги, підготовленої з вологим обсмаженням. Відбувається за допомогою форпресів при тиску понад 25 МПа. Матеріал має вологість до 5–6%, а температура мезги перед завантаженням у форпрес становить 100–105 °С — це так званий твердий режим.

Спосіб Скипіна (періодичний метод). Відтискання олії відбувається у чанах з вологотепловою обробкою (форчанах), оснащених отворами в днищі. За допо-

могою мішалок при незначному тиску здійснюється інтенсивне перемішування мезги за температури 80–90 °С та вологості 16%.

Метод Кичигіна–Яковенка (перехідний варіант). Реалізується у безперервно діючих апаратах (наприклад, установках Коваленка). Процес відбувається під тиском до 0,4 МПа, при вологості матеріалу 8–10%, з підігрівом мезги до температури 65–80 °С.

Основна мета попереднього пресування перед етапом екстрагування – вилучення якомога більшої кількості олії (до 87–90%), яка вже придатна до вживання в їжу без подальшої рафінації. У результаті до екстракції надходить низькожирний залишок, що дозволяє зменшити обсяг витягуваної олії на наступному етапі, а також суттєво скоротити витрати на її подальшу обробку – зокрема на споживання пари, електроенергії та інших ресурсів.

Попереднє пресування мезги – форпресування

У галузі олієвиробництва для здійснення попереднього вилучення олії широко застосовуються шнекові преси різних модифікацій, які мають назву форпреси.

Конструктивно шнековий прес – це збірний ступінчастий циліндр, усередині якого розміщено шнековий вал. Циліндр виготовлений з металевих пластин, розміщених у каркасі так, щоб між ними залишались вузькі зазори, через які витискується олія. Шнековий вал утворений із послідовно зібраних гвинтових секцій, розділених кільцями – циліндричними або конічними. Циліндр може розбиратись по вертикальній або горизонтальній площині. Найчастіше застосовується вертикальний тип рознімання, оскільки він зручніший для механізованого обслуговування та ремонту. У місцях роз'єднання встановлюються профільні ножі, які запобігають обертанню маси разом зі шнековим валом.

У промисловості використовуються численні модифікації шнекових пресів. За функціональним призначенням вони поділяються на три категорії:

- преси для первинного (попереднього) вилучення олії – форпреси;
- преси для остаточного віджиму – експелери;

– комбіновані преси подвійної дії, що поєднують обидва процеси в одній установці [7].

Форпреси мають більші розміри шнекового вала (довжину й діаметр), вищу частоту його обертання та формують товстішу макуху. Вони мають вищу продуктивність, але не створюють такого високого тиску, як експелери, і, відповідно, менш глибоко витискують олію.

Сировина – мезга – через живильник надходить у ступінчастий барабан (зеєр), де захоплюється витками шнека та транспортується до виходу з преса. Особливістю є поступове зменшення продуктивності шнека по довжині робочого органа, що досягається за рахунок зменшення кроку витків.

Крім того, у процесі проходження мезги зазор між шнековим валом і внутрішньою поверхнею циліндра зменшується, що забезпечує поступове ущільнення маси. Чим далі просувається матеріал, тим більше він стискається. Для підвищення тиску на виході передбачено регулювальний елемент – конус, кільце або діафрагма – який дозволяє керувати товщиною вихідної макухи.

У шнекових пресах різної конструкції співвідношення між обсягом вхідної мезги та обсягом сформованої макухи є різним.

Товщина отриманої форпресованої макухи (так званої «черепашки») безпосередньо впливає на залишкову олійність, продуктивність і тиск усередині зеєра.

Продуктивність обладнання визначається частотою обертання шнека, якістю попередньої обробки мезги, технічним станом валу, величиною зазору, та товщиною макухи. Максимальний ефект досягається при повному заповненні робочої камери (коефіцієнт заповнення = 1).

Під час роботи шнекового преса відбувається інтенсивне стирання деталей, зокрема витків вала, пластин зеєра, регулювальних елементів. Зношування прискорюється при наявності навіть невеликої кількості домішок мінерального або органічного походження, а також при недостатньо підготовленій (твердій) меззі.

Тому дуже важливо перед пресуванням максимально очистити матеріал від сторонніх включень і дотримуватись температурно-вологісного режиму. Пересушена мезга під час пресування спричиняє перевантаження та поломки.

У результаті зношування витків порушується нормальний технологічний процес: збільшується зазор між шнеком і стінками барабана, що знижує ефективність віджиму. Частина мезги повертається, а продуктивність преса знижується. Це також зменшує кількість олійного матеріалу, що захоплюється шнеком із жаровні.

Кількість захопленої мезги залежить від частоти обертання шнека та ступеня затиснення конуса (що визначає товщину макухи).

Під впливом високого тиску в робочій камері відбувається додаткове руйнування клітин мезги – як внаслідок тертя частинок одна об одну, так і внаслідок контакту з внутрішніми поверхнями преса. Додаткове розкриття клітин становить орієнтовно 10–15%.

Форпресування здійснюється на різних моделях шнекових пресів. Підготовка мезги проводиться відповідно до жорстких технологічних вимог: перед надходженням у прес вологість сировини має становити 5,5–6%, температура – 95–105 °С. Тиск у зеєрі форпреса досягає 25 МПа і більше.

2.2 Вимоги до класу машин

Санітарно-гігієнічні та технологічні вимоги

1. Конструкція машини повинна забезпечувати простоту та швидкість розбирання для забезпечення можливості ретельного очищення та миття.

2. Підшипникові вузли необхідно герметизувати належним чином, щоб уникнути потрапляння мастила до харчової продукції.

3. Всі кути в машині бажано виконувати заокругленими, щоб після санітарного оброблення в них не залишалися залишки продуктів.

4. Зварні шви повинні бути рівними та гладкими, аби не сприяти накопиченню часток продукції.

Основний гігієнічний принцип під час конструювання харчових машин полягає в тому, що всі елементи, які контактують з харчовими продуктами, повинні бути виготовлені з корозійностійких матеріалів. Якщо застосування таких матері-

алів неможливе, необхідно передбачити антикорозійний захист контактних поверхонь.

У харчовій промисловості заборонено використовувати матеріали, які можуть негативно впливати на якість і безпечність продукції: мідь, свинець, оцинковане залізо, а також емальовані або пофарбовані поверхні. Крім того, слід уникати використання деревини у конструкціях, які мають контакт з харчовими продуктами.

Санітарні вимоги також стосуються покриття підлоги у виробничих приміщеннях. Підлогове покриття повинне відповідати як нормам охорони праці, так і гігієнічним стандартам. Підлога має бути неслизькою, легко митися та дезінфікуватися, не вбирати вологу й не містити щілин або тріщин, які можуть сприяти накопиченню забруднень.

Однією з важливих санітарно-технічних вимог до обладнання є відповідність нормам щодо рівня шуму. З метою його зниження доцільно замінювати металеві деталі на елементи з пластмаси чи інших малошумних матеріалів.

Також рекомендується мінімізувати удари між деталями шляхом заміни ударної дії на плавну, поступальний рух – на обертальний, а всі рухомі вузли машин необхідно ретельно балансувати (як у статичному, так і динамічному режимах) для зниження вібрацій. Крім того, частини, що спричиняють шум і вібрацію, бажано розміщувати в масляних ваннах для додаткового шумопоглинання.

Технологічні вимоги

Робочі елементи машин і виробничого обладнання повинні забезпечувати оптимальний технологічний вплив на оброблювану сировину при повній реалізації своєї продуктивності. Це означає, що під час подрібнення, змішування, дозування та інших процесів має мінімізуватись небажаний нагрів продукту, уникатися пошкодження або розриву оброблюваної сировини тощо.

1. Обладнання повинно характеризуватися високими техніко-економічними показниками: забезпечувати зниження енерговитрат на одиницю продукції шля-

хом економії трудових ресурсів, електричної, теплової та механічної енергії, а також сприяти підвищенню якості та виходу кінцевої продукції;

2. Робочі частини машин мають бути зносостійкими, оскільки потрапляння їх частинок у продукт робить його непридатним до споживання;

3. Конструкція обладнання повинна відповідати вимогам технологічності – тобто бути раціональною з точки зору виготовлення деталей, їх обробки, складання та випробування готової машини;

4. Машини та агрегати мають бути оснащені автоматичними системами контролю і регулювання основних технологічних параметрів і операцій;

5. Високий рівень надійності – обов’язкова характеристика: обладнання повинне виконувати задані функції стабільно, зберігаючи експлуатаційні параметри впродовж встановленого ресурсу або напрацювання;

6. Обладнання має бути ремонтпридатним – це означає, що конструкція повинна дозволяти ефективно виявлення, попередження й усунення несправностей шляхом проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт;

7. Відповідність вимогам довговічності, які закладені в технічній документації – тобто здатність працювати до досягнення граничного стану з дотриманням регламентованих інтервалів для обслуговування та ремонту;

8. Тривалий строк служби – календарний термін експлуатації машини до моменту вичерпання ресурсу або до моменту списання згідно з нормативною документацією.

Правила техніки безпеки на підприємствах переробної промисловості.

Підприємства переробної промисловості відносяться до об’єктів з підвищеним рівнем небезпеки для працівників. Саме тому перед початком виробничої діяльності необхідно обов’язково ознайомитися з потенційними джерелами травматизму, заходами їх попередження та засобами індивідуального й колективного захисту.

Однією з основних небезпек у машинному обладнанні є наявність обертових та рухомих елементів. Особливу загрозу становлять вузли з гострими рухомими деталями.

Існують загальноприйняті правила техніки безпеки (ТБ), яких необхідно дотримуватись на всіх виробництвах. Водночас, кожна галузь має специфіку, що відображено у відповідних галузевих нормативних документах з охорони праці. При вивченні та обслуговуванні машин слід особливу увагу звертати на правила безпеки, що стосуються конкретних моделей обладнання.

Усе технологічне обладнання на підприємствах повинно бути оснащено надійними захисними огороженнями для запобігання контакту з рухомими вузлами та елементами приводів.

Обертові частини машин мають бути обладнані захисними механізмами, а кришки та кожухи, що закривають ці елементи, повинні мати блокувальні пристрої. При відкритті таких елементів система повинна автоматично вимикати машину.

Устаткування для підйому та транспортування вантажів слід експлуатувати виключно в межах допустимого навантаження, зазначеного в технічній документації.

Підключення електричних компонентів машин має здійснюватися лише до джерел живлення відповідної напруги.

Перед введенням в експлуатацію нової машини необхідно провести перевірку її відповідності вимогам техніки безпеки.

Експлуатація машини допускається тільки за умови дотримання технічних характеристик, передбачених у паспорті обладнання.

Усі роботи з налаштування, монтажу, очищення та ремонту машин обов'язково проводяться лише після їх повного відключення від електромережі.

2.3 Пошук конструктивного рішення вдосконалення машини

Вилучення олії за допомогою експелерного агрегату одноразової дії типу ЕП

Цей агрегат призначений для завершального етапу віджиму олії з макухи, яка утворилася після первинного пресування на форпресі або в апаратах попереднього відтискання олії, таких як установки Кичигіна–Яковенка [8].

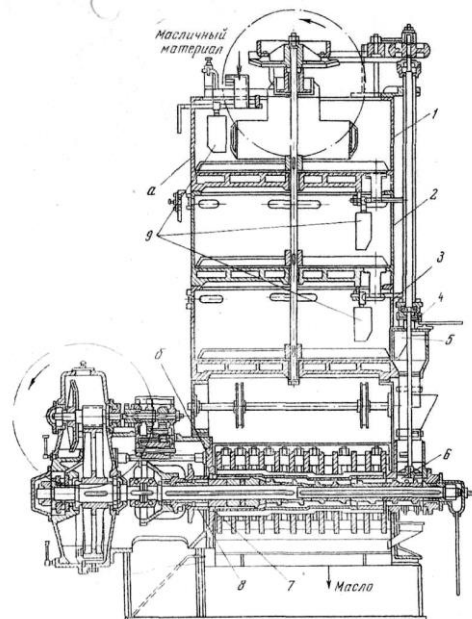


Рисунок 3.1 – Схема експелерного агрегата ЕП.

Агрегат складається з тричанної жаровні, призначеної для вологотеплової підготовки подрібненої форпресованої макухи, та шнекового преса. Кожен із трьох чанів жаровні (1, 2, 3), що мають внутрішній діаметр 1200 мм і висоту 550 мм, оснащений подвійним днищем, у яке подається пара для нагрівання. Площа нагрівальної поверхні днища кожного чана становить 1,13 м². У верхньому чані передбачено додаткову нагрівальну поверхню – порожнисте сталеве кільце діаметром 700 мм і висотою 240 мм із площею нагріву 1,05 м². Для перемішування матеріалу в кожному чані на загальному валу встановлено мішалки (ножі) 4.

Стабільний рівень сировини в чанах жаровні забезпечується регулюючими пристроями 9, які керують подачею матеріалу з верхнього чана до наступних.

Шнековий прес агрегату включає основні елементи: завантажувальний пристрій (живильник) 5, шнековий вал 6, зєсрний циліндр 7, регулюючий конусний механізм 8 і пристрій для збору олії.

Витяг олії на експелерному агрегаті дворазової дії МПЕ-2

Цей агрегат призначений для двоетапного пресування мезги, отриманої з насіння олійних та технічних культур, з метою ефективного видобутку олії [11].

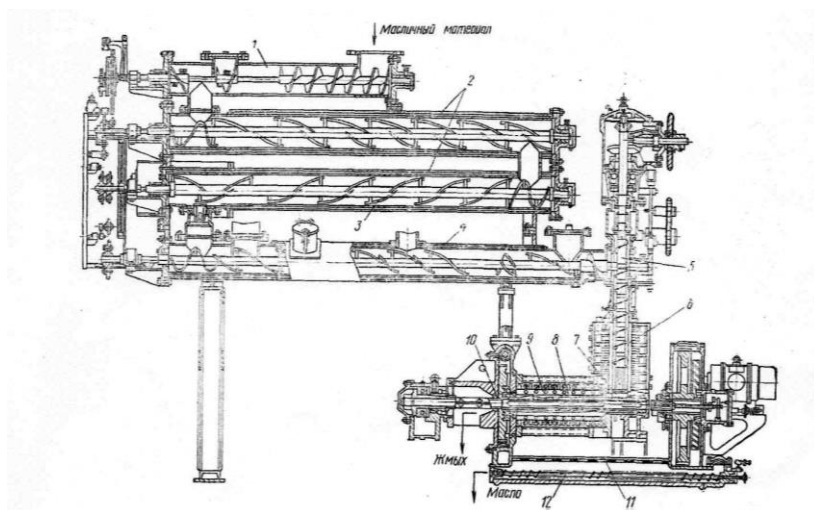


Рисунок 3.2. – Схема експелерного агрегата МПЕ– 2.

До складу експелерного агрегату входять: подвійна циліндрична жаровня 2, апарат для темперування 1 і шнековий прес.

Форпресована здрібнена макуха з вологістю до 6% і температурою 100–105 °С, підготовлена у п'ятичанній жаровні, надходить у завантажувальний пристрій 1 шнекової жаровні, звідки рівномірно подається в верхній і нижній циліндри жаровні 2. У двох секціях жаровні та в темперуючому апараті мезга інтенсивно перемішується лопатевим шнеком 3, нагрівається й самопропарюється.

З темперуючого апарата 4 мезга, доведена до вологості 2% і нагріта до 115–120 °С, безперервно подається у приймальну камеру вертикального шнекового вала 5. Шнеками вона транспортується в зєср 6, де відбувається первинне пресування. Далі утворений брикет надходить у зону горизонтального шнека 7, який через зєср 9 здійснює вторинне стискання мезги.

Олія, яка витікає з обох зєсрів – вертикального та горизонтального – фільт-

рується через сито, що утримує великі частки мезги, після чого надходить до олієзбірного шнека 12. Відпресована макуха виводиться через діафрагму 10.

Для ефективної роботи агрегату МПЕ-2 рекомендовані наступні зазори між колосниками зеєра: у вертикальному зеєрі – 0,8 мм у першій секції, 0,6 мм у другій, 0,4 мм у третій та четвертій; у горизонтальному зеєрі – 0,25 мм у першій і другій секціях та 0,20 мм у третій. Товщина жмихової черепашки становить 5–7 мм; частота обертання вертикального шнека – 35,4 об/хв, горизонтального – 19,3 об/хв.

При добовій продуктивності агрегату 32–35 тонн насіння залишкова олійність макухи не перевищує 6,5%.

Процес витягу олії на експелерному агрегаті подвійної дії МП-21

Конструктивно агрегат складається з жаровні (а), темперуючого модуля (б) та шнекового преса подвійної дії. Він призначений для остаточного віджиму олії з насіння культур олійного та технічного призначення [8].

Віджим олії здійснюється шляхом двоетапного пресування мезги: спочатку у вертикальному зеєрі 5, а потім – у горизонтальному 6. Попередньо оброблена мезга з групової жаровні, яка має вологість у межах 9–11% (характерна для бавовняного насіння) та температуру 100–105 °С, надходить у живильник 1 шнекової барабанної жаровні 2.

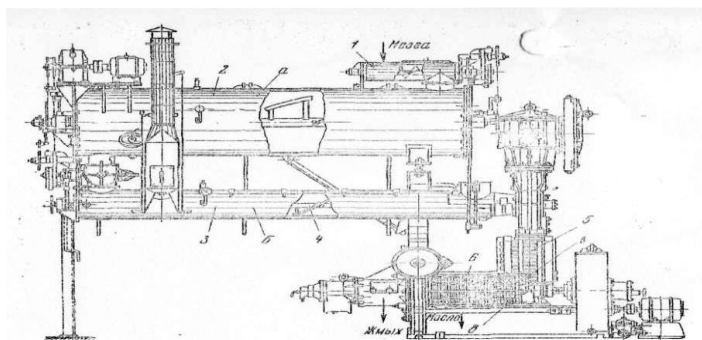


Рисунок 3.3 – Схема експелерного агрегата МП – 21

У жаровні мезга активно перемішується за допомогою лопатевих мішалок, після чого безперервно подається до темперуючого апарата (3), в якому здійснюється стабілізація температурного режиму та вологості оброблюваної маси.

Далі мезга з температурою 110–115 °С та вологістю 2,5–3,5 % за допомогою мішалок 4 транспортується у вертикальний зєєр 5, де відбувається перший етап віджиму олії. Напівзнежирений брикет мезги під дією вертикального шнекового вала направляється до шнекових пір'їв горизонтального вала, який переміщує його в горизонтальний зєєр 6. Тут завершується процес віджиму, аналогічно до шнекових пресів типу ЕП, МПЕ-2 тощо.

Оптимальні технологічні зазори між колосниками зєєра становлять:

– для вертикального зєєра – 0,8 мм (перший щабель), 0,5 мм (другий), 0,4 мм (третій);

– для горизонтального зєєра – по 0,25 мм на перших двох щаблях та 0,2 мм на третьому.

Під час нормального функціонування агрегату електроспоживання двигунів становить:

– для вертикального шнекового вала – 40–45 А при частоті обертання 35,6 об/хв;

– для горизонтального – 56–60 А при частоті 23 об/хв.

Товщина жмихової черепашки підтримується в межах 5–6 мм, а загальна продуктивність установки сягає 24–26 т/добу при переробці бавовняного насіння. За таких умов експлуатації агрегату МП-21 олійність макухи не перевищує 6,5–7,0 %.

Для запобігання перегріванню горизонтального зєєра передбачено його охолодження циркулюючою олією з температурою 60–70 °С.

Процес витягу олії на пресовому агрегаті ЕТП-20

Пресовий агрегат ЕТП-20 використовується як для попереднього, так і для остаточного пресування олії.

До його складу входять:

– лопатевий пропарювально-зволожувальний шнек діаметром 320 мм;

– шестичанна жаровня типу Ж-230/6;

– шнековий прес ЕТП-20;

– пульт керування.

Жаровня Ж-230/6 складається із шести нагрівних чанів, кожен з яких обладнаний обігрівачими кожухами та днищем, системами перемішування, клапанами секторного типу для перепуску маси, а також оснащена вентиляційною системою з вентилятором [8].

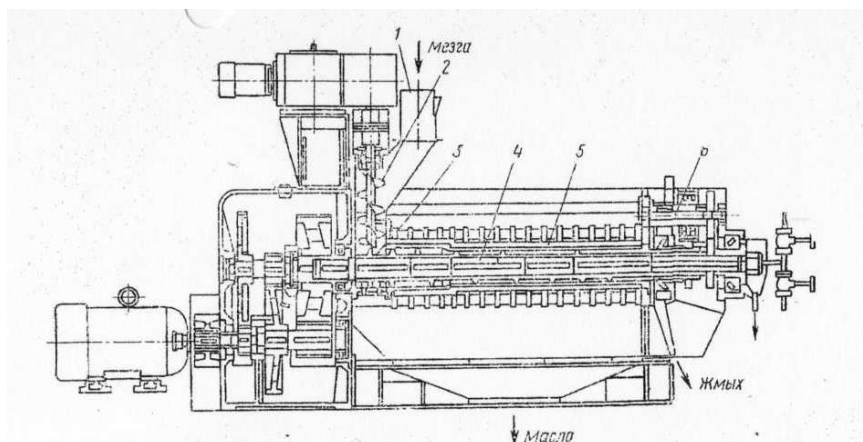


Рисунок 3.4 – Схема преса ЕТП – 20.

Процеси, що відбуваються в жаровні під час оброблення м'ятки, аналогічні тим, які спостерігаються в п'яти- та шести-чанних жаровнях інших типів. Жаровня Ж-230/6 характеризується сумарною площею нагрівальної поверхні 38,9 м², забезпечує продуктивність на рівні 98 т. насіння за добу та витрачає 280–350 кг пари на годину при тиску 0,6 МПа і температурі 164 °С у процесі вологотеплової обробки.

Основні вузли шнекового преса ЕТП-20 включають: завантажувальний пристрій 2, шнековий вал 4 з витками 3, зєєр 5 та регулятор товщини макухи 6. Потік м'ятки безперервно надходить до лопатевого зволожувального шнека, де її зволожують до рівня 8% та підігрівають. Далі вона потрапляє до шестичанної жаровні, де проходить вологотеплову обробку.

Оброблена в жаровні мезга подається у завантажувальний бункер 1, звідки живильником 2 транспортується до витків 3 шнекового вала 4. Витки захоплюють масу і просувають її до пресувального тракту, в якому відбувається віджимання олії, аналогічно до шнекових пресів типу ФП-75, МПЖ-68 та ін.

Під час роботи преса в режимі попереднього віджиму на шнековий вал встановлюють сім витків. Частоту його обертання задають на рівні 19, 22, 25, 28

або 32 об/хв. Зазори між зеєрними колосниками по секціях становлять: 1,35 мм – у першій, 0,7 мм – у другій, 0,5 мм – у третій, 0,25 мм – у четвертій, 0,15 мм – у п'ятій.

При експлуатації агрегату в режимі форпресування, під час переробки бавовняного насіння І сорту, його добова продуктивність сягає 98 т. При цьому середній вміст залишкової олії в макусі складає 11%, а частка так званої "зворотної макухи" становить 18–21% від загальної маси обробленого насіння.

2.4 Патентний пошук напрямку вдосконалення

Комбінований шнековий прес для отримання рослинної олії: пат. 49079 Україна. В30В9/12. № u200912292; заявл. 30.11.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл.№7.

Комбінований шнековий прес для добування рослинної олії включає основу, завантажувальний бункер із нарізними валками, зеєрний барабан, укомплектований набором планок, шнековий вал, регулювальну гайку конусної форми та приводний механізм. Його особливістю є те, що конструкція дозволяє здійснювати початкове подрібнення ядра до стану м'ятки безпосередньо в апараті, що суттєво посилює ефективність процесу відділення олії в ході подальшого пресування.

Характерною відмінністю є також наявність пари нарізних валків, вмонтованих у приймальну частину бункера, які забезпечують попереднє роздавлювання насіння до м'яtkоподібної консистенції. При цьому передбачена можливість регулювання зазору між валками, що дозволяє адаптувати обладнання до обробки різної за фізико-механічними властивостями олійної сировини.

Прес з підвищеним виходом олії: пат. 147961 Україна. В30В9/02. № u202100366; заявл. 01.02.2021; опубл. 24.06.2021, Бюл.№ 25.

Прес для інтенсифікованого вилучення рослинної олії включає корпус, на якому встановлений електромеханічний привід. Останній виконаний у вигляді мотор-редуктора, з'єднаного з ведучим валом за допомогою муфти. Ведучий вал встановлений у підшипникових опорах корпусу преса. До корпусу приєднаний

робочий циліндр, який кріпиться за допомогою різьбового з'єднання і фіксується контргайкою. Бічна поверхня циліндра має радіальні отвори для виведення відтиснутої олії, а внутрішня поверхня вздовж твірної містить рифлення для поліпшення процесу віджиму.

На різьбовій частині робочого циліндра передбачено розтруб із двома кінчними поверхнями – меншою запірною та більшою напрямною. З протилежного боку, на торці різьбової частини, розташована кільцева проточка з закритим дном. Її внутрішня циліндрична поверхня відповідає діаметру зовнішньої частини робочого циліндра. У цій проточці додатково виконані радіальні отвори для зливу олії з ділянки максимального тиску, де монтується запірна частина. Зовнішня поверхня проточки має конусну форму та технологічні отвори, співвісні з радіальними.

Спосіб віджимання рослинної олії за допомогою шнекового преса: пат. 121642 Україна. C11B1/00, C11B1/04, C11B1/06, C11B1/08, A23D9/02, B30B9/02. № a202000578; заявл. 30.01.2020; опубл. 25.06.2020, Бюл.№ 8.

Запропонований винахід належить до галузі машинобудування і може бути застосований у виробництві промислових шнекових пресів, призначених для отримання рослинної олії шляхом механічного віджиму.

Процес вилучення олії з олійної сировини відбувається шляхом пластичної деформації усього об'єму матеріалу в кількох послідовно розташованих секціях зеєрної камери шнекового преса.

Оптимальна товщина шару оброблюваної сировини в кожній секції зеєрної камери встановлюється в межах 4–20 мм.

Реалізація такого способу дає змогу знизити споживання енергії під час віджимання олії, а також підвищити довговічність експлуатації шнекового преса.

Шнековий набір преса для віджимання олії: пат. 119700 Україна. B30B9/14. № u201701396; заявл. 14.02.2017; опубл. 10.10.2017, Бюл.№ 19.

Шнековий вузол преса для вилучення рослинної олії сконструйований у вигляді набору втулок з шнековими витками та проміжних втулок, змонтованих на валу. Зазначені проміжні елементи, а також втулки з витками, мають зносостійке

наплавлене покриття та встановлюються на валу з можливістю знімного кріплення. Конструкція забезпечує передачу обертового моменту від вала до втулок.

Обґрунтування конструктивного рішення вдосконалення

Віджим рослинної олії на малогабаритному шнековому пресі безперервної дії однократного віджиму К-2

Дана модель є розробкою вітчизняного виробництва. Конструкція преса дозволяє досягти високої продуктивності обробки олійної сировини за умов сучасної технології при відносно компактних розмірах обладнання. Прес типу К-2 створено з урахуванням потреб олійних підприємств районного масштабу.

Основними складовими вузлами шнекового преса є: завантажувальний живильник 1, зеєрний циліндр 2 та шнековий вал 3 з конусним регулювальним механізмом 4.

Функцією живильника є забезпечення рівномірного подавання підготовленої мезги в зеєрну зону. Живильник має вертикальний вал з шнековою спіраллю 5.

Шнековий вал 3 відіграє ключову роль у роботі всього преса – він виготовлений у вигляді чотирисекційного шнека завдовжки 1180 мм.

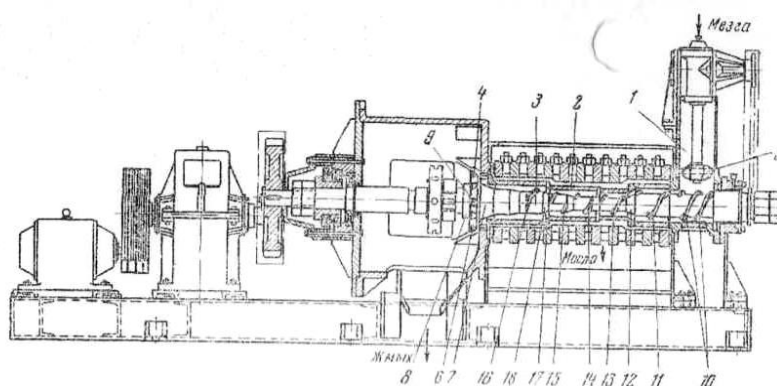


Рисунок 3.5 – Схема шнекового преса К-2

Конусний вузол преса включає конус 7 та з'єднувальну втулку 8. Його функція полягає в регулюванні розміру кільцевого зазору, через який здійснюється вивід макухи із зеєра. На основі конуса змонтовано диск 6, до якого прикріплені

ножі 9, що забезпечують розрізання макухи, яка виходить із преса [8].

Зеєрний циліндр поділено на чотири секції.

Величина проміжків між зеєрними пластинами встановлюється наступним чином: для першої секції – 1,0 мм, другої – 0,7 мм, третьої – 0,4 мм, четвертої – у межах 0,2–0,25 мм.

Каркас зеєрного циліндра виготовляється з двох ідентичних частин. На нього монтуються зеєрні пластини та ножі. Останні розміщуються між половинками циліндра і запобігають обертанню мезги всередині зеєра. Важливо, щоб виступи ножів заходили у проміжки між витками шнекового вала й розташовувалися навпроти проміжних кілець, інакше витки можуть пошкодити ножі.

Преси типу К-2 зазвичай експлуатуються для переробки мезги. Унаслідок локального перегріву така мезга може досягати температури 130–150°C, має темно-коричнєве забарвлення та високу концентрацію ароматичних сполук, що надають олії характерного запаху смаженого насіння, особливо помітного в соняшниковій олії.

Мезга із вогневих жаровень надходить шнеком у живильник 1 шнекового преса. Витки 10 шнекового вала (двозахідні) захоплюють частково спресовану мезгу та транспортують її до зеєрного циліндра. У першій камері однохідний виток 11 подає її до конічної втулки 12, яка створює опір і стискає мезгу, внаслідок чого з неї витискається олія.

Після цього брикет переміщується до другої секції, де шнек 13 просуває його у третю камеру. Ця камера має більший діаметр, але обладнана двоступеневими шнеками. Прийомний шнек 14 має менший діаметр маточини порівняно з наступним шнеком 15, що дозволяє реалізувати подвійне стискання в межах однієї камери. Далі брикет просувається шнеком 15 через зазор між кільцями зеєра 17 і шнековим валом 18. У четвертій камері, завдяки пір'ям шнека 16, брикет транспортується до вихідної частини – до конуса 7, який створює додатковий опір. У цьому відсіку тиск досягає 60 МПа. Загальне зменшення об'єму сировини становить 8:1. Вихідна макуха розрізається ножами 9.

Найінтенсивніше виділення олії спостерігається у перших трьох камерах.

Така конструкція забезпечує отримання макухи з вмістом олії 5,5–6% при продуктивності до 10 тонн насіння на добу. Вологість мезги на вході в прес складає 2,5–3,5%, температура – 120–130°C. На виході макуха має вологість 4,0–4,5% та товщину черепашки 6–8 мм.

У ході аналізу експлуатації було встановлено, що завдяки модернізації пресового вузла остаточну олійність жмиху вдалося знизити до 1,5–2,0%.

3 РОЗРАХУНОК ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1 Технологічний розрахунок параметрів машини (вузла)

Крок витків шнека

Обираємо $H = 0,145\text{м}$

Діаметр шнекового вала повинен перевищувати критичне значення, розраховане за відповідною формулою.

$$d_{i\delta} = \left(\frac{H}{\pi} \right) \text{tg}\varphi \quad (3.1)$$

$f = \text{tg}\varphi$ – коефіцієнт внутрішнього тертя продукту, $f = \text{tg}\varphi = 0,31$ [22]

$$d_{i\delta} = \left(\frac{0,145}{3,14} \right) \cdot 0,31 = 0,02\text{і}$$

Обираємо діаметр валу шнека. $d_{np}=0,07\text{м}$

Таким чином, співвідношення діаметрів шнека та валу «а» матиме вигляд:

$$a = D / d \quad (3.2)$$

D – зовнішній діаметр шнеку, $D=0,14\text{ м}$

$$a = 0,14 / 0,07 = 2$$

Визначаємо кут підйому гвинтових ліній на зовнішній стороні шнека α_D та валу α_d

$$\alpha_D = \arctg \left(\frac{H}{\pi D} \right) \quad (3.3)$$

$$\alpha_D = \arctg \left(\frac{0,145}{3,14 \cdot 0,14} \right) \equiv 18,2^\circ$$

$$\alpha_d = \arctg \left(\frac{H}{\pi d} \right) \quad (3.4)$$

$$\alpha_d = \arctg \left(\frac{0,145}{3,14 \cdot 0,07} \right) \equiv 33,4^\circ$$

Таким чином, середнє значення кута підйому гвинтових ліній витка шнека визначатиметься, як

$$\alpha_{\bar{n}o} = 0,5(\alpha_D + \alpha_d) \quad (3.5)$$

$$a_{c\bar{o}} = 0,5 \cdot (18,2 + 33,4) = 25,8^o$$

Знайдемо коефіцієнт відставання частинок матеріалу в осьовому напрямі згідно рівняння :

$$K_o = 1 - (\cos^2 \alpha_{\bar{n}o} - 0,5 f \cdot \sin 2\alpha_{\bar{n}o}) \quad (3.6)$$

$$K_o = 1 - (\cos^2 25,8 - 0,5 \cdot 0,31 \cdot \sin \cdot 2 \cdot 25,8) = 0,31$$

У такому випадку питомий вигин моменту витка шнека по внутрішньому контуру (тобто у валу) буде:

$$\dot{I}_e = \frac{P_{max} D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 a^{-4} - 1,2 a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7 a^{-2}} \quad (3.7)$$

P_{max} – максимальний тиск, $P_{max} = 60 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$$M_u = \frac{60 \cdot 10^6 \cdot 0,14^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 2^{-4} - 1,2 \cdot 2^{-2} - 5,2 \ln 2}{1,3 + 0,7 \cdot 2^{-2}} = -50,9 \text{ Ї} \cdot \text{ї}$$

У нашому випадку, розміри довжини розгортки гвинтових ліній, будуть відповідними діаметрам валу шнека L

$$l = \sqrt{H^2 + (\pi d)^2} \quad (3.8)$$

$$l = \sqrt{0,145^2 + (3,14 \cdot 0,07)^2} = 0,26 \text{ ї}$$

$$L = \sqrt{H^2 + (\pi D)^2} \quad (3.9)$$

$$L = \sqrt{0,145^2 + (3,14 \cdot 0,14)^2} = 0,46 \text{ ї}$$

Визначаємо площу поверхні витка шнека по довжині одного кроку згідно формули:

$$F_o = \frac{1}{4\pi} \left[\pi DL - \pi Dl + H^2 \ln \frac{D+2L}{d+2l} \right] \quad (3.10)$$

$$F_o = \frac{I}{4 \cdot 3,14} \left[3,14 \cdot 0,14 \cdot 0,46 - 3,14 \cdot 0,14 \cdot 0,26 + 0,145^2 \ln \frac{0,14 + 2 \cdot 0,46}{0,07 + 2 \cdot 0,26} \right] = 0,01 \text{ i}^2$$

Таким чином, крутний момент при двох робочих витках шнека буде визначатись:

$$M_{\partial\partial} = 0,13 \ln P_{\max} (D^3 - d^3) \operatorname{tg} \alpha_{\partial\partial} \quad (3.11)$$

$$M_{\partial\partial} = 0,13 \cdot \ln 60 \cdot 10^6 (0,14^3 - 0,07^3) \operatorname{tg} 25,8 = 1,5 \text{ i} \cdot \text{i}$$

$$S = 0,392 n (D^2 - d^2) P_{\max} \quad (3.12)$$

де n – число робочих кроків (витків) шнеку, $n = 7$

$$S = 0,392 \cdot 7 \cdot (0,14^2 - 0,07^2) \cdot 60 \cdot 10^6 = 24,7 \cdot 10^5 \text{ i} \cdot \text{i}$$

Довжину шнека визначаємо по формулі:

$$l_{\partial\partial} = \tilde{l} \cdot \tilde{I} \quad (3.13)$$

$$l_{\partial\partial} = 7 \cdot 0,145 = 1,02 \text{ i}$$

Ширина витків знаходиться з виразу:

$$b = 0,5 (D - d) \quad (3.14)$$

$$b = 0,5 (0,14 - 0,07) = 0,035 \text{ i}$$

Визначимо кут вирізу в кільці-заготівці (рад) за виразом:

$$\alpha_0 = 2\pi - (L - l) / b \quad (3.15)$$

$$\alpha_0 = 2 \cdot 3,14 - (0,46 - 0,26) / 0,035 = 0,58$$

Знайдемо діаметри кілець шнека згідно рівняння:

$$D_0 = 2L / (2\pi - \alpha_0) \quad (3.16)$$

$$D_0 = 2 \cdot 0,46 / (2 \cdot 3,14 - 0,58) = 0,16 \text{ i}$$

$$d_0 = 2l / (2\pi - \alpha_0) \quad (3.17)$$

$$d_0 = 2 \cdot 0,26 / (2 \cdot 3,14 - 0,58) = 0,09 \text{ i}$$

У разі виготовлення кільця-заготівки без кутового вирізу, воно буде розміщене вздовж усього шнека

$$H' = H \left[1 + \alpha_0 / (2\pi - \alpha_0) \right] \quad (3.18)$$

$$H = 0,145 \left[1 + 0,58 / (2 \cdot 3,14 - 0,58) \right] = 0,14 \text{ i}$$

3.2 Енергетичний розрахунок машини (вузла)

Витрату енергії на пресування (крутного моменту) знаходимо по формулі:

$$\dot{I}_{\text{іа}} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 \quad (3.19)$$

де M_1 – обертальний момент, який необхідний для отримання відповідної сили стискаючої мезгу, Н · м,

M_2 – обертальний момент, який необхідний для переборювання тертя мезги об поверхню камери, Н · м,

M_3 – обертальний момент, який необхідний для переборювання тертя мезги об вал, Н · м,

M_4 – обертальний момент, потрібний для подолання тертя мезги об поверхню шнека, Н · м

Визначення моменту обертання, потрібного для забезпечення зусилля стиснення мезги:

$$\dot{I}_1 = p \cdot F \cdot \operatorname{tg}(\alpha_D + \alpha_d) \cdot \frac{D}{2}, \quad (3.20)$$

де p – максимальний питомий тиск мезги, Па;

F – площа проекції витка на площину, яка перпендикулярна вісі шнеку (приймаємо рівною площі поперечного перерізу камери тиску), м²;

α_D – кут нахилу витку, град.;

α_d – кут тертя мезги о виток шнеку, град.;

D – зовнішній діаметр шнеку, $D=0,14$ м

$$\dot{I}_1 = 60 \cdot 10^3 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,14^2}{4} \cdot \operatorname{tg}(18,2 + 33,4) \cdot \frac{0,14}{2} = 87,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення обертового моменту, необхідного для подолання тертя мезги о поверхню камери тиску

$$\dot{I}_2 = p_{\max} \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{2} \cdot L, \quad (3.21)$$

де $p_{\max}$ – максимальний тиск на мезгу (приймаємо $p=60 \cdot 10^3$ Па)

f – коефіцієнт тертя мезги о стінку циліндру; $f=0,48$

D – зовнішній діаметр шнеку, м;

L – довжина камери тиску, $L=0,7$ м

$$\dot{I}_2 = 60 \cdot 10^3 \cdot 0,48 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,14^2}{2} \cdot 0,7 = 624,9 \text{ } \hat{e} \hat{I} \cdot \hat{i}$$

Розрахунок моменту кручення, потрібного для переборення сили тертя між мезгою та поверхнею вала

$$\dot{I}_3 = p_{max} \cdot f_1 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot L \quad (3.22)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя мезги о вал шнеку; $f_1=0,48$,

d – діаметр валу шнеку, м

$$\dot{I}_3 = 60 \cdot 10^3 \cdot 0,48 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,07^2}{2} \cdot 0,7 = 161,3 \text{ } \hat{e} \hat{I} \cdot \hat{i}$$

Розрахунок крутного моменту, потрібного для переборення тертя між мезгою та шнековою поверхнею

$$\dot{I}_4 = p_{max} \cdot f_2 \cdot t \cdot \frac{D}{2} \quad (3.23)$$

де f_2 – коефіцієнт тертя мезги о виток шнеку, $f_2=0,31$;

t – шаг шнеку, $t=0,145$ м

$$\dot{I}_4 = 60 \cdot 10^3 \cdot 0,31 \cdot 0,145 \cdot \frac{0,14}{2} = 188,9 \text{ } \hat{e} \hat{I} \cdot \hat{i}$$

Після підстановки розрахованих значень моментів у формулу (3.19), визначається загальний обертовий момент

$$M_{i\dot{a}} = 87,4 + 624,9 + 161,3 + 188,9 = 1062,5 \hat{e} \hat{I} \cdot \hat{i}$$

Визначивши загальний момент обертання $M_{об.}$, розраховуємо потрібну потужність приводу шнека

$$N = \frac{M_{i\dot{a}} \cdot \omega \cdot z}{102}, \quad (3.24)$$

де ω – кутова швидкість, c^{-1} ;

z – кількість шнеків, $z=1$ шт.

Так як

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n, \quad (3.25)$$

де n – частота обертання, $n = 6 \text{ c}^{-1}$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 6 = 37,7 \text{ c}^{-1}$$

$$N = \frac{1062,5 \cdot 37,7 \cdot 1}{102 \cdot 60} = 6,6 \text{ кВт}$$

На основі розрахованих параметрів обрано електродвигун АОС2–51–6 з потужністю 7 кВт.

3.3 Розрахунок на міцність відповідальних деталей машини (вузла)

Обчислення параметрів шпонкового з'єднання для шнекового вала [15]

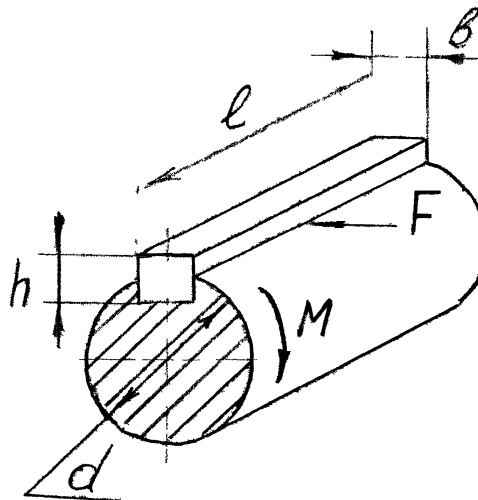


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема шпонкового з'єднання

Знаходимо обертальне зусилля

$$F = \frac{M}{r} = \frac{2 \cdot M}{d}, \quad (3.26)$$

де M – обертальний момент, Н·м;

d – діаметр вала, м.

$$F = \frac{2 \cdot 1062,5}{0,03} = 70833,3 \text{ Н}$$

Встановлюємо умову забезпечення міцності шпонкового з'єднання при зсуві

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{F}{A} \leq [\tau_{\text{ш}}] \quad (3.27)$$

$$A = b \cdot l, \quad (3.28)$$

$$[\tau_{\text{ш}}] = 90 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{70833,3}{0,12 \cdot 0,125} = 47,2 \text{ МПа} \leq [\tau_{\text{ш}}].$$

Умова міцності дотримується.

Встановлюємо критерій працездатності шпонки при зминанні

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{F}{A} \leq [\sigma_{\text{ш}}], \quad (3.29)$$

$$A = l \cdot 0,5h, \quad (3.30)$$

$$[\sigma_{\text{ш}}] = 280 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{70833,3}{0,125 \cdot 0,5 \cdot 0,08} = 141,7 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{ш}}].$$

Міцність шпонки забезпечується.

Висновки по розділу

У результаті виконання даного розділу були проведені основні конструктивні розрахунки машини. Під час енергетичного та кінематичного аналізу визначено потужність, необхідну для процесу пресування, яка становить $N = 6,6$ кВт. Для забезпечення цієї потреби обрано електродвигун моделі АОС2–51–6 номінальною потужністю 7 кВт. У межах розрахунків на міцність виконано аналіз шпонкового з'єднання шнекового вала, за результатами якого підтверджено, що конструкція забезпечує дотримання умов міцності.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правова база з охорони праці для підприємства

Основи законодавства з охорони праці в Україні визначаються та регулюються Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом України «Про охорону праці», а також нормативно-правовими актами, розробленими на їх основі. До таких актів належать укази Президента, постанови Кабінету Міністрів, різноманітні правила, інструкції, стандарти, норми та інші офіційні документи.

Ключовими принципами охорони праці є: пріоритет збереження життя та здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності підприємства; повна відповідальність керівника за створення безпечного робочого середовища; комплексний підхід до вирішення питань охорони праці з урахуванням національних програм, досягнень науки, екологічних вимог і соціального захисту працівників; забезпечення повного відшкодування збитків, у тому числі моральної шкоди, особам, які постраждали від нещасних випадків на виробництві або мають професійні захворювання; встановлення єдиних вимог до охорони праці незалежно від форми власності та виду діяльності підприємства.

Система управління охороною праці має передбачати підготовку, прийняття та впровадження рішень щодо реалізації комплексу організаційних, технічних, гігієнічних та профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності [14].

Організація системи управління охороною праці повинна відповідати специфіці виробничої діяльності підприємства та інтегруватися в загальну управлінську структуру. Безпосереднє керівництво охороною праці на виробництві здійснює керівник підприємства через начальників структурних підрозділів.

Начальник виробничого цеху зобов'язаний керуватися чинним законодавством, наказами та вказівками директора і інженера з охорони праці, а також несе відповідальність за безпечні умови праці у підпорядкованому йому підрозділі. Зокрема, він повинен:

- 1) у межах посадових повноважень забезпечити безпечні умови праці та дотримання чинних нормативів;
- 2) брати участь у підготовці та реалізації заходів щодо покращення умов і безпеки праці;
- 3) співпрацювати у розробці й щорічному перегляді інструкцій з охорони праці, забезпечувати ними працівників;
- 4) організовувати проходження працівниками попередніх і періодичних медичних оглядів;
- 5) брати участь у підготовці та проведенні Днів охорони праці;
- 6) припиняти виконання робіт у разі виникнення небезпеки для життя або здоров'я працівників;
- 7) проводити інструктажі з охорони праці на робочому місці для новоприйнятих працівників, вести відповідну документацію;
- 8) здійснювати участь у атестації та паспортизації санітарно-технічного стану робочих місць і устаткування;
- 10) регулярно контролювати стан охорони праці, виявляти потенційні небезпеки, аналізувати їх і вживати оперативних заходів для усунення ризиків.

4.2 Аналіз небезпек

Оцінювання стану технічної безпеки на виробництві здійснюється згідно з чинними нормативно-правовими актами з охорони праці.

4.2.1 Вимоги безпеки до інструментів, пристосувань та допоміжного обладнання виробництва

Оцінка складів, резервуарів і ємностей для зберігання легкозаймистих і горючих рідин виконується з урахуванням дотримання положень «Правил пожежної безпеки в Україні», які затверджені наказом МВС України від 22.06.1995 р. № 400.

Системи вентиляції, що встановлені у виробничих або допоміжних приміщеннях, повинні відповідати вимогам будівельних норм і правил (СНиП 2.04.05–91) та стандартам безпеки праці, які регламентують відповідні види робіт. Ефективність роботи вентиляційного обладнання оцінюється за даними паспортів вентиляторів, де фіксуються

результати випробувань, проведених уповноваженими організаціями. При цьому перевіряється своєчасність їх проведення і відповідність отриманих результатів нормативам [13].

4.2.2 Вимоги безпеки до технологічного обладнання

Безпечна експлуатація виробничих машин і механізмів кожного типу та моделі повинна відповідати ГОСТ 12.2.003–91, враховуючи функціональне призначення, конструкційні особливості та умови використання.

До основних шляхів забезпечення безпеки обладнання належать:

- 1) правильний вибір принципу дії, джерела енергії та параметрів технологічного процесу;
- 2) мінімізація витрат енергії або її накопичення в системі;
- 3) впровадження в конструкцію засобів захисту та систем оповіщення про потенційні загрози;
- 4) використання засобів автоматизації, дистанційного контролю й управління;
- 5) врахування ергономічних принципів, зниження фізичних та психоемоційних навантажень на персонал.

Обладнання має залишатися безпечним при використанні як окремо, так і в складі комплексних технологічних систем упродовж усього строку експлуатації [12, 13].

4.2.3 Електробезпека у виробничому процесі

Під електробезпекою розуміється сукупність технічних та організаційних заходів, що забезпечують захист працівників від шкідливої або небезпечної дії електричного струму (відповідно до ГОСТ 12.1.009–76. ССБТ «Електробезпека. Терміни та визначення»).

До основних технічних рішень, що реалізуються при нормальній роботі електроустановок для забезпечення електробезпеки, належать:

- 1) ізоляція струмопровідних елементів;
- 2) унеможливлення доступу до елементів під напругою;
- 3) встановлення блокувальних пристроїв;
- 4) організація системи орієнтації в електромережах;
- 5) виконання електроустановок з ізоляцією від землі;

- 6) розділення електромереж для забезпечення захисту;
- 7) використання пониженої напруги;
- 8) компенсація ємнісних струмів при замиканні на землю;
- 9) вирівнювання електричних потенціалів.

Залежно від характеристик електроустановки, її призначення та умов експлуатації, для досягнення необхідного рівня безпеки можуть одночасно застосовуватись кілька з вищезазначених заходів [13].

4.3 Планування заходів з охорони праці

4.3.1 Перевірка технічного стану обладнання

Регулювання механізмів під час роботи преса суворо забороняється.

Слід перевірити наявність ізоляційних колодок на електродвигуні, переконатися в надійності фіксації електропроводів та наявності додаткового захисту в місцях потенційних механічних, термічних або хімічних ушкоджень.

4.3.2 Проведення технічного огляду

Під час виконання оглядових або регулювальних робіт дозволено використовувати лише справні інструменти та пристосування.

Забороняється проводити будь-яке очищення при увімкненому обладнанні.

Огляд і чищення дозволяється здійснювати лише після повної зупинки електродвигуна.

4.3.3 Підготовка до роботи

Перед запуском преса потрібно перевірити наявність мастильних матеріалів у приводі та переконатися у вільному обертанні приводного вала.

4.3.4 Правила безпеки під час роботи

Експлуатація преса дозволяється лише особам, що мають відповідну підготовку.

Забороняється виконання ремонтних чи регулювальних робіт під час роботи або переміщення преса.

Будь-яке технічне обслуговування допускається тільки після повної зупинки агрегату й відключення електродвигуна.

Категорично заборонено надягати ланцюги на зірочки або змащувати підшипники під час роботи обладнання.

Оператор повинен уважно стежити за рухомими частинами, а у випадку аварії – негайно зупинити машину.

Працювати в умовах недостатнього освітлення заборонено.

4.3.5 Дії при аварійних ситуаціях

У разі нещасного випадку першочерговим є надання постраждалому домедичної допомоги:

При порізах – зняти одяг, обробити краї рани йодом, накласти стерильну пов'язку;

При кровотечах – зупинити кров джгутом (до 2 год. влітку, до 1 год. взимку), за відсутності джгута використати імпровізовані засоби;

При ударах – прикласти холод;

При вивихах – зафіксувати кінцівку без зміни її положення;

При переломах – накласти шину, перед цим обробивши рану у разі відкритого перелому;

При тепловому ударі – перемістити потерпілого в прохолодне місце, охолодити тіло;

При отруєнні чадним газом – вивести з небезпечної зони, забезпечити спокій, у разі зупинки дихання — проводити штучне дихання;

Якщо свідомість відсутня – вдихання нашатирного спирту, обтирання холодною водою, при можливості – подати кисень.

Усі дії необхідно виконувати до відновлення дихання та серцевої діяльності потерпілого.

4.3.6 Заходи після завершення роботи

Після завершення роботи агрегат необхідно очистити від залишків сировини та забруднень, навести порядок на робочому місці.

Після цього слід вимкнути електроживлення обладнання.

4.4 Інженерні розрахунки

4.4.1 Розрахунок для машини

Розрахунок заземлення цеху

Гранично допустиме значення опору заземлювального пристрою для електроустановок із напругою до 1000 В за умови глухозаземленої нейтралі та лінійній напрузі 380 В не повинно перевищувати 4 Ом.

Переходимо до визначення опору розтікання струму для однієї заземлювальної смуги:

$$R_{\bar{I}} = \frac{\rho \cdot \psi_{\bar{I}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \lg \frac{l}{d \cdot h}, \quad (4.1)$$

де: ρ – питомий електричний опір ґрунту, Ом. Для чорнозему $\rho = 30 \text{ Ом}$;

$\psi_{\bar{I}}$ – коефіцієнт сезонності для смуги, $\psi_{\bar{I}} = 1,75$;

l – довжина смуги, м. Приймаємо $l = 8 \text{ м}$;

d – еквівалентний діаметр смуги, м; $d = 0,95 \cdot b$ (b - ширина смуги, м; $b = 0,05 \text{ м}$) $d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,048 \text{ м}$;

h – глибина залягання смуги, м, $h = 0,5 \text{ м}$.

$$R_{\bar{I}} = \frac{30 \cdot 1,75}{2 \cdot 3,14 \cdot 80} \cdot \lg \frac{8}{0,048 \cdot 0,5} = 2,61 \text{ } \Omega$$

Опір розтікання струму заземлювальної смуги, що з'єднує між собою стрижневі електроди, визначається окремо, з урахуванням її геометричних параметрів і характеристик ґрунту:

$$R_{\bar{I} \bar{A}} = \frac{R_{\bar{I}}}{\eta_{\bar{A} \bar{I}}}, \quad (4.2)$$

де: $\eta_{\bar{A} \bar{I}}$ – коефіцієнт використання з'єднувальної смуги, $\eta_{\bar{A} \bar{I}} = 0,72$

$$R_{\bar{I}} = \frac{2,6}{0,72} = 3,61 \text{ } \Omega$$

Розрахунок опору розтікання струму для одного вертикального трубчастого електрода проводиться за наступною формулою:

$$R_{\dot{a}\ddot{e}} = \frac{\rho \cdot \psi_{\dot{a}\ddot{e}}}{0,366 \cdot \pi \cdot l_{\dot{a}\ddot{e}}} \left(\lg \frac{2l_{\dot{a}\ddot{e}}}{d_{\dot{a}\ddot{e}}} + 0,5 \frac{4t + l_{\dot{a}\ddot{e}}}{4t - l_{\dot{a}\ddot{e}}} \right), \quad (4.3)$$

де: ψ_{el} – коефіцієнт сезонності для електрода, $\psi_{el} = 1,3$;

l_{el} – довжина електрода, м. Приймаємо $l_{el} = 2\text{м}$;

d_{el} – діаметр електрода, м. Приймаємо $d_{el} = 0,063\text{м}$;

t – глибина залягання електрода, м, $t = 1,5\text{м}$.

$$R_{\dot{a}\ddot{e}} = \frac{30 \cdot 1,3}{0,366 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,063} + \frac{4 \cdot 1,5 + 2}{4 \cdot 1,5 - 2} \right) = 47,5 \hat{\text{І}} \text{ і}$$

Обчислюємо опір розтікання струму для групи з шести вертикальних електродів без урахування опору з'єднувальної смуги, використовуючи відповідну формулу:

$$R_{\dot{a}\ddot{o}.\dot{a}\ddot{e}} = \frac{R_{\dot{a}\ddot{e}}}{n \cdot \eta_B}, \quad (4.4)$$

де: n – кількість електродів, шт. $n = 6$;

η_B – коефіцієнт використання стержневих заземлювачів, $\eta_B = 0,7$.

$$R_{\dot{a}\ddot{o}.\dot{a}\ddot{e}} = \frac{47,5}{6 \cdot 0,7} = 11,3 \hat{\text{І}} \text{ і}$$

Загальний опір розтікання струму заземлювального пристрою, що складається з шести вертикальних електродів та з'єднувальної смуги, розраховується за наступною формулою:

$$R_{\dot{a}\ddot{c}} = \frac{R_{\dot{a}\ddot{o}.\dot{a}\ddot{e}} \cdot R_{\dot{I} \dot{A}}}{R_{\dot{a}\ddot{o}.\dot{a}\ddot{e}} + R_{\dot{I} \dot{A}}}, \quad (4.5)$$

$$R_{\dot{a}\ddot{c}} = \frac{11,3 \cdot 3,6}{11,3 + 3,6} = 2,73 \hat{\text{І}} \text{ і}$$

Опір розтікання струму запроєктованого заземлювального пристрою становить менше ніж 4 Ом, що відповідає вимогам Правил улаштування електроустановок.

Висновки за розділом.

У даному розділі було розглянуто нормативно-правову базу, що регламентує питання охорони праці на виробництві, здійснено оцінку можливих виробничих ризиків та запропоновано відповідні профілактичні заходи для їх усунення.

Крім того, виконано інженерний розрахунок системи заземлення виробничого приміщення. За результатами цього розрахунку встановлено, що опір розтікання струму у розробленому заземлювальному контурі становить менше 4 Ом, що відповідає вимогам Правил улаштування електроустановок.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1 Оцінка рівня технічного удосконалення машини

Під час створення нових типів машин та обладнання, а також у процесі удосконалення наявних конструкцій необхідно здійснювати оцінювання їхнього технічного рівня згідно з уніфікованими принципами, які діють на всіх етапах проєктування та модернізації. Оцінювання проєктних рішень базується на зіставленні ключових характеристик розроблюваної машини з найкращими вітчизняними та зарубіжними аналогами.

Процес оцінювання включає два основних етапи: експертний та розрахунковий.

1. Експертний етап полягає в порівнянні основних техніко-економічних характеристик нової конструкції з аналогічними показниками відомих машин. До таких показників належать: призначення (продуктивність, встановлена потужність, маса, площа тощо); надійність і довговічність; відносні показники (матеріаломісткість, енергоємність, продуктивність на одиницю площі тощо); експлуатаційні характеристики (ремонтпридатність, трудомісткість обслуговування); показники екологічності, безпечності, автоматизації, стандартизації та уніфікації [6].

Таким чином, узагальнені показники технічного рівня дозволяють дати об'єктивну оцінку новій машині в порівнянні з кращими зразками-аналогами.

Таблиця 5.1 – Основні показники технічного рівня розробленої пресуємої машини та її аналога преса К-2.

Показник	Значення показника	
	Модернізована машини	Прес К–2
Продуктивність, кг/год	500	500
Продуктивність по готовому продукту, кг/год	175	165
Потужність на привід, кВт	7,0	7,0
Площа машини, м ³	3,59	3,06
Маса, кг	2410	2054

На експертному етапі оцінки зазвичай складно зробити однозначний висновок щодо відповідності нової машини найкращим існуючим аналогам, тому далі здійснюється розрахунковий етап оцінювання.

Розрахунковий етап оцінки

Технічний рівень модернізованої протиральної машини буде оцінено за сукупністю відповідних критеріїв, які розраховуються за встановленими формулами.

а) Відносний показник продуктивності k_Q обчислюється за наступною формулою:

$$k_Q = \frac{Q_\delta}{Q_a}, \quad (5.1)$$

де Q_p і Q_a – відповідно продуктивність розробленої машини та аналога.

$$k_Q = \frac{500}{500} = 1,0.$$

Умову $k_Q \geq 1,0$ виконано.

б) Відносну продуктивність за обсягом готової продукції $k_{Q'} = \frac{Q'_\delta}{Q'_a}$ визначено за формулою:

$$k_{Q'} = \frac{Q'_\delta}{Q'_a}, \quad (5.2)$$

де Q'_p і Q'_a – відповідно продуктивність по готовому продукту розробленої машини та аналога

$$k_{Q'} = \frac{175}{165} = 1,1$$

Умову $K'_{Q'} \geq 1,0$ виконано

в) Відносний показник енергоспоживання k_N визначається за формулою:

$$k_N = \frac{N_{\delta}}{N_a}, \quad (5.3)$$

де N_p і N_a – відповідно потужність на привід розробленої машини та аналога.

$$k_N = \frac{7,0}{7,0} = 1,0.$$

Умову $k_N \leq 0,85$ не виконано.

г) Відносну матеріалоемність k_M розраховуємо за наступною формулою:

$$k_M = \frac{M_{\delta}}{M_a}, \quad (5.4)$$

де M_p і M_a – відповідно маса розробленої машини (розрахункова) та аналога.

$$k_M = \frac{2054}{2410} = 0,9$$

Умову $k_M \leq 0,9$ виконано.

д) Відносну енергоемність k_E обчислюють за такою формулою:

$$k_E = \frac{1}{k_N \cdot k_M}, \quad (5.5)$$

$$k_E = \frac{1}{1,0 \cdot 0,9} = 1,26$$

Умову $k_E \geq 1,25$ виконано.

е) Інтегральний показник k_U , що характеризує витрати енергії та металу на одиницю продукції, визначається за наступною формулою:

$$k_U = k_Q \cdot k_E, \quad (5.6)$$

$$k_U = 1,1 \cdot 1,26 = 1,4$$

Умову $k_U \geq 1,50$ не виконано.

Тоді, визначимо коефіцієнт технічного удосконалення за формулою:

$$k_{\delta \delta} = \frac{k_Q + k_{Q'} + k_N + k_M + k_E + k_U}{6}, \quad (5.7)$$

$$k_{\partial \partial} = \frac{1,0 + 1,1 + 1,0 + 0,9 + 1,26 + 1,4}{6} = 1,1.$$

Отже, за результатами розрахункового етапу оцінювання встановлено, що розроблена машина є перспективною та економічно доцільною, оскільки її коефіцієнт технічного вдосконалення відповідає рівню найкращих зразків-аналогів ($k_{\text{тн}} \geq 1$).

Результати зводимо в таблицю 5.2

Таблиця 5.2 – Показники технічного рівня модернізованої машини.

Показник	Значення	Умова	Результати
1. $k_Q = \frac{Q_p}{Q_a}$	1,0	$k_Q \geq 1$	виконано
2. $k_{Q'} = \frac{Q'_p}{Q'_a}$	1,1	$k'_{Q'} \geq 1$	виконано
3. $k_N = \frac{N_p}{N_a}$	1,0	$k_N \leq 0,85$	не виконано
4. $k_I = \frac{\dot{I}_p}{\dot{I}_a}$	0,9	$k_M \leq 0,9$	виконано
5. $k_A = \frac{1}{k_N \cdot k_M}$	1,26	$k_E \geq 1,25$	виконано
6. $k_U = k_{Q'} \cdot k_E$	1,4	$k_U \geq 1,50$	не виконано
7. $k_{\partial \partial} = \frac{k_Q + k_{Q'} + k_N + k_M + k_E + k_U}{6}$	1,11	$k_{TY} \geq 1,0$	виконана

5.2 Економічна ефективність використання удосконаленого обладнання

5.2.1 Розрахуємо економію електроенергії за наступною формулою:

$$E_e = (N_n - N_a) \cdot T \cdot n \cdot \ddot{A} \cdot \hat{A}_{e\hat{A}\hat{o}}, \quad (5.8)$$

де N_n, N_a – відповідно потужність на привід аналога та вдосконаленої машини;

T – час роботи машини у зміну, $T=24 \text{ год}$;

n – кількість змін, $n=1$;

D – кількість робочих змін в рік, $D=310$;

$\hat{A}_{e\hat{A}\hat{o}}$ – вартість одного кВт, $\hat{A}_{e\hat{A}\hat{o}}=0,58 \text{ грн.}$

$$E_e = (7,0 - 7,0) \cdot 24 \cdot 1 \cdot 310 \cdot 0,58 = 0$$

5.2.2 Значення енергоємності $E_{y\hat{o}}$, кВт год/кг, обчислюється за формулою:

$$E_{\hat{o}\hat{u}} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{A}}{G}, \quad (5.9)$$

де $\sum_{i=1}^n E$ – споживана електроенергія, кВт/год.

У цьому випадку споживана енергія $\sum_{i=1}^n E$, кВт/год, обчислюється за формулою:

$$\sum_{i=1}^n \hat{A} = \hat{A}_{\hat{m}} \cdot \ddot{A}, \quad (5.10)$$

де E_{cm} – електроенергія, споживана при виробництві продукції за один день, кВт/год.;

G – обсяг переробленої продукції, $G=4696960 \text{ кг}$.

Для аналога $\sum_{i=1}^n \hat{A} = 7 \cdot 24 \cdot 310 = 52080 \hat{A}\hat{o} \cdot \tilde{A} \ddot{A}$;

Для модернізованої машини $\sum_{i=1}^n \hat{A} = 7 \cdot 24 \cdot 310 = 52080 \hat{A}\hat{o} \cdot \tilde{A} \ddot{A}$.

Відповідно, питома енергоємність переробки для машини-аналога становить:

$$E_{\text{д.ан}} = \frac{52080}{4696960} = 0,02 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}$$

та модернізованої машини

$$E_{\text{д.мод}} = \frac{52080}{4696960} = 0,02 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}$$

5.2.3 Показник трудомісткості обробки продукції $T_{\text{уд}}$, люд·год/кг, розраховується за наступною формулою:

$$\dot{O}_{\text{д.ан}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{G}, \quad (5.11)$$

де $\sum_{i=1}^n T_n$ - витрати праці, люд·год.

Визначаємо витрати праці $\sum_{i=1}^n T_i$, люд·год, по формулі:

$$\sum_{i=1}^n T_i = n \cdot \dot{O} \cdot \ddot{A}, \quad (5.12)$$

де n - кількість робітників, люд.

Таким чином, для аналога

$$\sum_{i=1}^n T_i = 2 \cdot 24 \cdot 310 = 14880 \text{ п} \cdot \text{год} \cdot \ddot{A}$$

$$\dot{O}_{\text{д.ан}} = \frac{14880}{4696960} = 0,003 \text{ п} \cdot \text{год} / \text{т}$$

Для модернізованої машини

$$\sum_{i=1}^n T_i = 1 \cdot 24 \cdot 310 = 7440 \text{ п} \cdot \text{год} \cdot \ddot{A}$$

$$\dot{O}_{\text{д.мод}} = \frac{7440}{4696960} = 0,002 \text{ п} \cdot \text{год} / \text{т}$$

5.2.4 Розмір економії витрат на оплату праці становить:

$$\dot{A}_{\text{зод}} = (\dot{O}_{\text{од.од}} - \dot{O}_{\text{од.і і од}}) \cdot G \cdot C, \text{ грн.} \quad (5.13)$$

де $C_{\text{зод}}$ – годинна ставка робочих; $C_{\text{зод}}=11,8$ грн.

$$\dot{A}_{\text{зод}} = 0,001 \cdot 4696960 \cdot 11,8 = 55424,1 \text{ грн.}$$

5.2.5 Загальна сума щорічної економії внаслідок модернізації дорівнює

$$\dot{A}_{\text{дз}} = 7440 + 55424,1 = 62864,1 \text{ грн.}$$

5.2.6 Витрати на виготовлення вузла визначаються за наступною формулою:

$$\tilde{N}_i = \tilde{N}_e + \tilde{N}_{\text{од}} + \tilde{N}_{\text{і од}} + \tilde{N}_{\text{од}} + \tilde{N}_{\text{од}}, \quad (5.14)$$

де C_k – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

$C_{\text{од}}$ – витрати на виготовлення деталей на металорізючих станках, грн.;

$C_{\text{од}}$ – ціна куплених деталей по прейскуранту, грн.;

$C_{\text{од}}$ – заробітна плата виробничих робітників по збирання пристрою, грн.;

$C_{\text{од}}$ – цехові накладні на виготовлення пристрою, грн..

Вартість корпусних елементів обчислюється згідно з формулою:

$$C_k = Q_k \cdot C_{\text{од}}, \quad (5.15)$$

де Q_k – маса заготовок для виготовлення, кг;

$C_{\text{од}}$ – середня вартість 1 кг готових деталей, грн.;

Витрати на виготовлення корпусних деталей відсутні, оскільки конструкція рамки не зазнала змін. $C_k = 0$.

Розрахунок витрат на виготовлення деталей за допомогою металорізальних верстатів проводиться за формулою:

$$\tilde{N}_{\text{од}} = \tilde{N}_{\text{і од}} + \tilde{N}_i, \quad (5.16)$$

де $C_{\text{прі}}$ – заробітна плата виробничих працівників, зайнятих на виробництві деталей, грн.;

C_m – вартість матеріалу заготовки для виготовлення деталей, грн.;

$$\tilde{N}_{i\delta\epsilon} = \tilde{N}_{i\tilde{n}} + \tilde{N}_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} + \tilde{N}_{\tilde{n}\tilde{o}} + \tilde{N}_{\times} + \tilde{N}_{i\delta\tilde{a}\tilde{i}}, \quad (5.17)$$

де $C_{осн}$ – основна зарплата робочих, грн.;

$C_{доп}$ – додаткова заробітна плата працівників, грн.;

$C_{соц}$ – відрахування на соціальне страхування, грн.;

$C_{ч}$ – відрахування до фонду постраждалих від аварії на ЧАЕС, грн.;

$C_{прем}$ – відрахування на премії, грн..

$$\tilde{N}_{i\tilde{n}} = t_1 \cdot C_{\tilde{a}\tilde{a}} \cdot \hat{E}_t, \quad (5.18)$$

де t_1 – середня трудоемкість на виготовлення деталей на метало ріжучих станках; $t_1=10 \text{ люд} \cdot \text{год}$;

K_t – коефіцієнт, який враховує доплати до основної зарплати; $K_t=1,5$

$C_{год}$ – годинна ставка робочих; $C_{год}=10,5 \text{ грн}$

$$C_{i\tilde{n}} = 10 \cdot 10,5 \cdot 1,5 = 157,5 \text{ \textit{\text{грн}}}$$

$$C_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} = \frac{15 C_{i\tilde{n}}}{100}$$

$$C_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} = \frac{15 \cdot 157,5}{100} = 23,6 \text{ \textit{грн}}$$

$$C_{\tilde{n}\tilde{o}} = \frac{30 C_{i\tilde{n}}}{100}$$

$$C_{\tilde{n}\tilde{o}} = \frac{30 \cdot 157,5}{100} = 47,2 \text{ \textit{грн}}$$

$$C_{\times} = \frac{12 C_{i\tilde{n}}}{100}$$

$$C_{\times} = \frac{12 \cdot 157,5}{100} = 18,9 \text{ \textit{грн}}$$

$$C_{i\delta\tilde{a}\tilde{i}} = \frac{30 C_{i\tilde{n}}}{100}$$

$$C_{i\delta\tilde{a}\tilde{i}} = \frac{30 \cdot 157,5}{100} = 47,2 \text{ \textit{грн}}$$

Тоді $C_{i\delta\epsilon} = 157,5 + 23,6 + 47,2 + 18,9 + 47,2 = 294,4 \text{ \textit{грн}}$

$$C_i = Q_3 \cdot C_1, \quad (5.19)$$

де C_1 – ціна 1 кг заготівки; $C_1=135,0 \text{ грн.}$;

Q_3 – маса заготівки; $Q_3=80 \text{ кг}$;

$$C_i = 80 \cdot 135 = 10800 \text{ грн}$$

$$\text{Тоді } \tilde{N}_{ai} = 294,4 + 10800 = 11094,4 \text{ грн}$$

Вартість придбаних деталей дорівнює $C_{nd} = 0 \text{ грн.}$, оскільки при модернізації машини нові деталі не закуповуються.

Розмір заробітної плати робітників, залучених до збирання конструкції, розраховується аналогічно до оплати праці працівників, що займаються виготовленням деталей на металорізальних верстатах.

Відтак, основна заробітна плата за збирання конструкції при трудомісткості $T_{cb} = 3,5 \text{ люд} \cdot \text{год}$ становитиме:

$$C_{осн} = 5,5 \cdot 7,8 \cdot 1,5 = 40,9 \text{ грн};$$

$$C_{доп} = \frac{15 \cdot 40,9}{100} = 6,4 \text{ грн}$$

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot 40,9}{100} = 12,3 \text{ грн};$$

$$C_{ч} = \frac{12 \cdot 40,9}{100} = 4,9 \text{ грн}$$

$$C_{прем} = \frac{30 \cdot 40,9}{100} = 12,3 \text{ грн}$$

$$\text{Тоді } \tilde{N}_{ai} = 40,9 + 6,4 + 12,3 + 4,9 + 12,3 = 76,8 \text{ грн}$$

$$\tilde{N}_{i\delta} = 11094,4 + 76,8 = 11171,2 \text{ грн}$$

Цехові накладні витрати, пов'язані з виготовленням пристрою, обчислюються за відповідною формулою:

$$C_{\delta i} = \frac{C_{i\delta} \cdot R_{\delta i}}{100}, \quad (5.20)$$

де C_{np} – основна зарплата виробничих робочих, що приймають участь у виготовленні конструкцій, грн.;

$R_{цн}$ – відсоток цехових накладних витрат, $R_{цн} = 250\%$.

$$\tilde{N}_{\delta i} = \frac{11171,2 \cdot 250}{100} = 27928 \text{ грн}$$

Таким чином, загальна вартість проведення модернізації машини становить:

$$\tilde{N}_i = 10800 + 76,8 + 27928 = 38804,8 \text{ грн}$$

5.2.7 Період повернення інвестицій, спрямованих на модернізацію преса
 $T_{\text{рік}}$, рік, обчислюється за допомогою наступної формули:

$$\dot{O}_{\text{дз}} = \frac{\tilde{N}_i}{\dot{A}_{\text{дз}}}, \quad (5.21)$$

$$\dot{O}_{\text{дз}} = \frac{38804,8}{62864,1} = 0,7 \text{ дз}$$

Таблиця 5.3 – Економічна оцінка конструкторської розробки машини

Показники	Величина	
	Модернізована машина	К - 2
Річний об'єм переробки, кг	4696960	4696960
Працеемність переробки, люд · год/кг	0,002	0,003
Енергоемність переробки, квт · год/кг	0,002	0,002
Витрати на модернізацію, грн./рік	38804,8	
Прибуток від модернізації, грн/рік	62864,1	
Термін окупності вкладень на модернізацію, років	0,7	

Висновки по розділу

На основі експертного етапу оцінки технічних рішень щодо вдосконалення машини встановлено, що модернізований прес К–2 має перевагу за п'ятьма з семи ключових показників порівняно з аналогом, поступаючи лише за двома. У ході розрахункового етапу було визначено коефіцієнт технічного удосконалення $k_{\text{ту}}$, який склав 1,11. Під час аналізу економічної ефективності модернізованого обладнання було встановлено, що термін його окупності становить 0,7 року.

Таким чином, за результатами обох етапів оцінювання можна зробити висновок, що вдосконалений прес К–2 перевершує аналог за більшістю техніко-економічних показників, є перспективним та економічно доцільним для впровадження.

ВИСНОВКИ ПО ПРОЄКТУ

У межах даного бакалаврського проєкту здійснено аналіз виробничої діяльності підприємства з виготовлення рослинної олії – ВАТ «Мелітопольський олійноекстракційний завод». У результаті дослідження підтверджено доцільність виробництва чинного асортименту та обсягів продукції. Для олійного цеху, продукція якого користується стабільним попитом серед місцевого населення, розглянуто технологічну схему та структуру технологічної лінії. Аналіз наявних засобів механізації підприємства дозволив виявити ключовий недолік технологічної лінії – конструкцію преса К-2, що негативно впливає на собівартість продукції та рівень енерговитрат.

У конструктивній частині проєкту запропоновано вдосконалення преса на основі існуючої моделі К-2, розрахованої на продуктивність 10 т/добу (для насіння соняшнику) та з встановленою потужністю 7,0 кВт. Кінематичні розрахунки підтвердили незмінність споживаної потужності при модернізації.

Розроблено комплекс організаційних заходів з безпеки життєдіяльності на підприємстві, а також визначено вимоги до експлуатації та техніки безпеки при роботі з модернізованим пресом.

Модернізована машина має переваги над базовим зразком за низкою техніко-експлуатаційних показників, що сприяє зниженню матеріалоємності конструкції та підвищенню надійності приводу.

Вдосконалення преса К-2 забезпечує зниження енергоємності виробничого процесу, а також покращує загальну ефективність роботи обладнання у виробництві олії на ВАТ «Мелітопольський олійноекстракційний завод».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв: навчальний посібник. Харків: Еспада, 2006. 296с.
2. Богданюк О.В., Кіча А.О. Оцінка стану виробництва соняшникової олії в Україні: основні тенденції та перспективи. Економіка і суспільство. 2018. Вип. 19. С. 1388-1392.
3. ДСТУ 4492:2005 Олія соняшникова. Технічні умови.
4. Яницький В. Харчова і переробна промисловість. Безпечність і якість. продукції. Харчова і переробна промисловість. 2006.№5.С. 3.
5. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздєв О. В. та ін. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв. Навчальний посібник. Вінниця: Нова Книга, 2008. 488с.
6. Самойчук К. О., Бойко В. С., Олексієнко В. О. та ін. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник. Мелітополь: Видавничий будинок "ММД", 2020. 428с.
7. Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Ялпачик Ф.Ю., Гвоздєв О.В., Циб В.Г., Бойко В.С., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Клевцова Т.О., Паляничка Н.О. Розрахунок обладнання харчових виробництв: Навчальний посібник. Мелітополь.: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 264 с.
8. Ялпачик В.Ф. Загорко Н.П., Паляничка Н.О., Буденко С.Ф., Самойчук К.О., Кюрчев С.В., Верхованцева В.О., Олексієнко В.О., Циб В.Г. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: Лабораторний практикум. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 277 с.
9. Бутко Д. А., Луценков В.Л. Організація навчання з питань охорони праці працівників АПК”. Сімферополь: „Бізнес-Інформ”, 2000р.
10. Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції / О.В. Богомолів, Н.В. Верешко, О.М. Сафонова та ін. Під ред. О.М. Шаповаленко, О.М.Сафоновой,- Харків : Еспада 2008. – 544 с. іл.

11. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Пархоменко В.Д. Економічне обґрунтування модернізації машин і устаткування переробних підприємств. Мелітополь, 2001. 9 с.

12. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О., Мирончук В.Г. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця. Нова книга. 2001. 576с.

13. Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко Л.О. та ін Розрахунок обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця.: Нова книга. 2004. 288 с.

14. Геврик Є.О. Охорона праці: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280с.

15. Чубук В. В., Балюк О. Г., Губарев О. М., та ін. Безпека життєдіяльності людини : конспект лекцій. Х. : ВД "ІНЖЕК", 2008. 360 с.

16. Керб Л. П. Основи охорони праці : навч.-метод. посібн. для самост. вивч. дисц. К. : КНЕУ, 2001. 252 с.

17. Назаренко І.І., Берник І.М. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв. К.: Аграр Медіа Груп, 2013. 544 с.

18. Закалов О.В., Бортник А.І. Визначення критеріїв надійності механізмів машин. Тернопіль : SAMStudio, 2004 . 60с.

19. Осейко М.І. Технологія рослинних олій: підручник. Київ: Варта. 2006. 280 с.

20. Димань Т.М., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини: підручник. Київ: ВЦ «Академія». 2011. 520 с.

21. Паламарчук І.П., Берник П.С., Стецько З.А., Яськов В.В., Зозуляк І.А. Механічні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва. Том 1. Навчальний посібник. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2004. 336 с.

22. Паламарчук І.П., Берник П.С., Стецько З.А., Яськов В.В., Зозуляк І.А. Тепломасообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва. Том 2 Навчальний посібник. Львів: Видавництво „Бескид Біт”, 2006. 368 с.

23. Шпильовий В.А. Деякі аспекти екологічної безпеки виробництва продуктів харчування // Екологія і ресурси: Зб. наук. праць. Вип. 8. К.: Український інститут досліджень навколишнього середовища, 2003. С.91–94.

24. Грєвцева І.А., Мартиненко А.П. Екологічні проблеми олійноекстракційного виробництва і шляхи їх вирішення. Наукові записки. Вип.20. Кіровоград: КНТУ, 2016. 182 с.

25. Singh S.K., Rajpurohit B., Singha, P. Camelina (Camelina sativa) seed. Oilseeds: Health Attributes and Food Applications / ed. Tanwar B., Goyal A. Singapore: Springer. 2021. PP. 355–371.

26. Mueed A., Sahar S., Sameh A.K, Philippe M., Tuba E., Zeyuan D. Flaxseed bioactive compounds: chemical composition, functional properties, food applications and health benefits-related gut microbes. Foods. 2022. Vol. 11, no. 20. PP. 3307-3332.

27. Shahbazi E., Safipor B., Saeidi K., Golkar P. Responses of Nigella damascena L. and Nigella sativa L. to drought stress: yield, fatty acid composition and antioxidant activity. Journal of Agricultural Science and Technology. 2022. Vol. 24, Issue 3. PP. 693– 705.

28. Жироолійна промисловість України. / Електронний ресурс: URL: <https://bit.ly/3FLb0Lb>.

29. Фіалковська Л.В., Дейдей М.М. Удосконалення апаратурно-технічної схеми виробництва олії. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вінниця. 2011. №9. С.187-189.

30. Що потрібно для виготовлення соняшникової олії. Режим доступу . URL: <https://firtka.if.ua/blog/view/shcho-potribno-dliavigotovlenniasoniashnikovoyi-oliyi>.