

Міністерство освіти і науки України  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра Е та М



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему «Дослідження та вдосконалення електроприводу шнекового пресу  
для відтиску рослинної олії»**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача (ки) Карпенко В. Ю.  
(прізвище, ініціали)

2 курсу АЕММ-20 групи

Керівник д.т.н., доцент Осадчук П. І.  
(посада, прізвище та ініціали)

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від \_\_\_\_\_ 2023 р., протокол № \_\_\_\_.

Завідувач(ка) кафедри Е та М  
(назва кафедри) \_\_\_\_\_ (підпис)

Петро Осадчук  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут: *Комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ім. П.М.Платонова*

Факультет: *Автоматизації та робототехніки*

Кафедра: *Електромеханіки та мехатроніки*

Освітньо-кваліфікаційний рівень: *Магістр*

Галузь знань: *14 – Електрична інженерія*

Спеціальність: *141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Завідувач кафедри ЕтаМ

д.т.н., доц. Осадчук П.І.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА здобувач СВО «Магістр» гр. АЕМм-20 Карпенко Владислав Юрійович**

1. Тема роботи: **«Дослідження та вдосконалення електроприводу шнекового пресу для відтиску рослинної олії»**

Керівник роботи: Осадчук Петро Ігорович, д.т.н., доцент.

Затверджено наказом ОНТУ № 841-03 від 15.11.2022 р.

2. Строк подання студентом роботи: 15.12.2023 р.

3. Об'єкт дослідження. Шнековий прес для отримання соняшникової олії.

4. Предмет дослідження. Управління електроприводом шнекового пресу

5. Зміст розрахунково-конструкторської частини пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

**Розділ 1.** Загальні відомості по шнековим пресам

1.1. Опис існуючих конструкцій пресів для отримання рослинних олій

1. Опис технологічного процесу виробництва соняшникової олії

**Розділ 2.** Розрахунок навантажень і вибір потужності двигуна

2.1 Розрахунок вибір двигуна шнекового дозатора.

2.2. Вибір системи електроприводу

**Розділ 3.** Вибір перетворювача частоти.

3.1.. Розрахунок силової частини ПЧ-АД.

3.2.Опис принципальної схеми управління електроприводом.

**Розділ 4.** Дослідження системи управління електроприводом на електронній моделі.

**Розділ 5.** Економічна частина

Перелік демонстраційного матеріалу:

Технологічна схема виробництва соняшникової олії;. Конструктивне виконання

форпреса; розрахунок і вибір двигуна; функціональна схема перетворювача частоти;

структурна схема перетворювача частоти; моделювання електроприводу.

7 Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15.11.2022 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Розділ 1. Загальні відомості по шнековим пресам	10.08.2023	
2	Розділ 2. Розрахунок навантажень	10.09.2023	
3	Розділ 3. Вибір перетворювача частоти.	25.10.2023	
4	Розділ 4. Дослідження системи управління електроприводом на електронній моделі.	20.11.2023	
5	Розділ 5.. Економічна частина	10.12.2023	
6	Захист дипломного проекту	25-26. 12.2023	

Здобувач СВО Карпенко В. Ю. \_\_\_\_\_

Керівник д.т.н., доцент Осадчук П. І. \_\_\_\_\_

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Карпенко В. Ю.

## АННОТАЦІЯ

Карпенко В. Ю. «Дослідження та вдосконалення електроприводу шнекового пресу для відтиску рослинної олії». Кваліфікаційна робота бакалавра. - Одеса: ОНТУ, 2023. – 73 с. Іл.: 18. Табл.: 15. Бібл.: 12. Іл. Презентації: 17 слайдів.

В кваліфікаційній роботі наведено опис шнекових пресів та їх конструктивні особливості. Були сформульовані вимоги до електроприводу, розраховані навантаження та обраний двигун привода шнека.

В роботі було обґрунтовано вибір системи електроприводу «перетворювач частоти – асинхронний двигун», розглянуті закони управління за допомогою перетворювача частоти та обраний закон управління.

Проведені розрахунки електричних параметрів схеми заміщення двигуна. Було виконане моделювання перехідних процесів в двигуні.

Розраховано економічний ефект модернізації даної установки.

Ключові слова: шнековий прес, електропривод шнека, перетворювач частоти, системи стабілізації обертів.

## **ABSTRACT**

Karpenko V. Yu. "Research and improvement of the electric drive of the screw press for pressing vegetable oil." Bachelor's qualifying work. - Odesa: ONTU, 2023. – 73 p. Illustration: 18. Table: 15. Bibl.: 12. Illustration. Presentations: 17 slides.

In the qualification robot, a description of screw presses and their design features is given. Buli formulated to the electric drive, rozrahovani navantazhennya and obrany dvigun drive auger. In the robot, the choice of the system for the electric drive "frequency changer - asynchronous motor" was primed, the control laws for the additional frequency changer and the control law were reviewed. Carried out the analysis of electrical parameters in the substitution circuit of the engine. Bulovikonane modeling of transitional processes in the engine. The economic effect of the modernization of this installation has been secured.

Key words: auger press, auger electric drive, frequency changer, wrapping stabilization systems.

## ЗМІСТ

Вступ .....	6
Розділ 1. Аналіз літературних джерел .....	10
Розділ 2. Загальна характеристика технологічного процесу виробництва соняшникової олії.....	16
2.1. Способи та технологія виробництва соняшникової олії..	19
2.2. Класифікація та якість олії	25
2.3. Відходи олійного виробництва	26
2.4 Аналіз ефективності технологічного обладнання	27
2.5 Технологічна схема отримання рослинних олій.	30
2.5 Опис конструкції технологічного агрегату і особливостей його експлуатації	34
Розділ 3. Розрахунок навантажень і вибір потужності двигуна. ....	37
3.1 Розрахунок навантажень і вибір двигуна шнекового дозатора.....	37
3.2. Вибір системи електроприводу .....	39
Розділ 4. Вибір перетворювача частоти.....	43
4.1. Вибір перетворювача частоти .....	43
Розділ 5.Розрахунок параметрів силової частини системи ПЧ –АД49	
5.1 Розрахунок перетворювача частоти.....	49
Розділ 6.Розробка п принципової схеми управління електроприводом.....	52
6.1. Функціональна схема електроприводу .....	52
6.2 Розрахунок і вибір елементів вихідного фільтру .....	53
6.3.Розрахунок і вибір елементів згладжуючого фільтру .....	55
Розділ 7. Дослідження системи управління електроприводом на електронній моделі.	57
7.1 Складання імітаційної моделі електроприводу.....	57

					КРМ. Е та М.1.841-03.1.7			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			
Розробив	Карпенко С. В.							
Керівник	Осадчук П. І.				5	73		
Консульт.					ОНТУ, АЕМм 20			
Зав.кафедри	Осадчук П. І.							

7.2. Отримання та обробка результатів моделювання електроприводу	59
<b>Розділ .8 Економічна частина</b> .....	<b>62</b>
8.1 Визначення величини затрат запропонованого варіанту .....	65
8.2 Розрахунок основного фонду зарплати .....	66
8.3 Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів	67
8.4 Розрахунок економічної ефективності.....	69
<b>Висновок</b> .....	<b>71</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>72</b>

## Вступ

Якість соняшникової олії залежить від якості насіння соняшнику, що поступають на переробку, термінів і умов зберігання насіння перед віджиманням. Основними якісними характеристиками для соняшникового насіння є маслянистість, вологість, термін дозрівання. Маслянистість залежить від сорту соняшнику і від того, наскільки тепле і сонячне видалося літо. Чим вище маслянистість насіння, тим більше вихід масла. Оптимальний відсоток вологості соняшникового насіння, що поступає на переробку, – 6 %. Дуже вологе насіння і зберігаються погано, і важче. Термін дозрівання в наших кліматичних умовах – дуже важливий чинник, що побічно впливає на ціну соняшникової олії. Пік виробництва і пропозиції готового рослинного масла – жовтень – грудень. А пік попиту – кінець літа – почало осінь. Відповідно, чим раніше отримана сировина, тим швидше готовий продукт поступить споживачеві. Крім того, насіння має бути добре очищені, зміст сміття не повинно перевищувати 1%, а битого зерна – 3%. Перед переробкою проводиться додаткове очищення, сушка, обрушення (руйнування) шкірки насіння і відділення її від ядра. Потім насіння подрібнює, виходить м'ятка або мезга.

Віджимання (виробництво) соняшникової олії. Рослинне масло з м'ятки насіння соняшнику отримують 2-мя методами – віджиманням або екстрагуванням. Віджимання масла – більш екологічний спосіб. Хоча вихід масла, звичайно, значно менше і не перевищує 30%. Як правило, перед віджиманням м'ятку прогрівають при 100-110 °С у жаровнях, одночасно перемішуючи і зволожуючи. Потім просмажені м'ятку віджимають в шнекових пресах. Повнота віджимання рослинного масла залежить від тиску, в'язкості і щільності масла, товщину шаруючи м'ятки, тривалість віджимання і інших чинників. Характерний смак масла після гарячого віджимання нагадує підсмажені насіння соняшнику. Масла, отримані гарячим пресуванням, інтенсивніше забарвлені і ароматизовані за рахунок продуктів розпаду, які утворюються під час нагрівання. А соняшкову олію холодного віджимання

отримують з м'ятки без прогрівання. Перевага такого масла – збереження в ній більшої частини корисних речовин: антиоксидантів, вітамінів, лецитину. Негативний момент – такий продукт не може довго зберігатися, швидко каламутніє і згіркне. Макуха, що залишається після віджимання масла, може бути підданий екстрагуванню або використовується в тваринництві. Соняшникову олію, отриману методом віджимання, називають "сирою", оскільки після віджимання його тільки відстоюють і фільтрують. Такий продукт володіє високими смаковими і живильними властивостями.

Екстрагування соняшnikової олії. Виробництво соняшnikової олії методом екстрагування передбачає використання органічних розчинників (найчастіше екстракційних бензинів) і проводиться в спеціальних апаратах – екстракторах. В ході екстрагування виходить мисцелла – розчин масла в розчиннику і знежирений твердий залишок – шрот. З мисцелли і шроту розчинник відганяється в дистиляторах і шнекових випарниках. Готове масло відстоюється, фільтрується і піддається подальшій переробці. Екстракційний метод витягання масел економічніший, оскільки дозволяє максимально витягувати жир з сировини – до 99%.

Рафінування соняшnikової олії. Масло, піддане рафінуванню, практично не має кольору, смаку, запаху. Таке масло ще називають знеособленим. Його харчова цінність визначається лише мінімальною наявністю незамінних жирних кислот (в основному, лінолевою і ліноленовою), які ще називають вітаміном F. Цей вітамін відповідає за синтез гормонів, підтримку імунітету. Він додає стійкість і еластичність кровоносним судинам, зменшує чутливість організму до дії ультрафіолетових променів і радіоактивного випромінювання, регулює скорочення гладкої мускулатури, виконує ще безліч життєво важливих функцій. При виробництві рослинного масла існує декілька ступенів рафінування.

Перший ступінь рафінування. Позбавлення від механічних домішок – відстоювання, фільтрація і центрифугування, після чого рослинне масло надходить у продаж як товарне нерафіноване. Другий ступінь рафінування.

Видалення фосфатидів або гідратація – обробка невеликою кількістю гарячіше – до 70 °С води. В результаті білкові і слизисті речовини, які можуть привести до швидкого псування масла, набухають, випадають в осад і віддаляються. Нейтралізація – це дія на нагріте масло основою (лугом). На цьому етапі віддаляються вільні жирні кислоти, окислення, що є каталізатором, і причиною диму при жарінні. Також на стадії нейтралізації віддаляються важкі метали і пестициди. Нерафіноване масло має трохи меншу біологічну цінність, чим сире, оскільки при гідратації віддаляється частина фосфатидів, та зате зберігатися довше. Така обробка робить рослинне масло прозорим, після чого воно називається товарним гідратованим.

Третій ступінь рафінування. Виведення вільних жирних кислот. При надмірному змісті даних кислот у рослинного масла з'являється неприємний смак. Що пройшло ці три етапи рослинне масло називається вже рафінованим не дезодорованим.

Четвертий ступінь рафінування. Вибілювання — обробка масла адсорбентами органічного походження (найчастіше спеціальними глинами), що поглинають фарбувальні компоненти, після чого жир освітлюється. Пігменти переходять в масло з насіння і також загрожують окисленням готового продукту. Після вибілювання в маслі не залишається пігментів, зокрема каротиноїдів, і воно стає ясно-солом'яним.

П'ятий ступінь рафінування. Дезодорація – видалення ароматичних речовин шляхом дії на соняшникову олію гарячою сухою парою при температурі 170-230°С в умовах вакууму. Під час цього процесу знищуються пахучі речовини, які приводять до окислення. Видалення вищезгаданих, небажаних домішок приводить до можливості збільшення терміну зберігання масла.

Шостий ступінь рафінування. Виморожування – видалення воску. Воском покрите все насіння, це своєрідний захист від природних чинників. Віск додає маслу каламутність, особливо при продажі на вулиці в холодний

період року і тим самим псують його товарний вигляд. В процесі виморожування масло виходить безбарвне. Пройшовши всі етапи, рослинне масло і стає знеособленим. З такого продукту виготовляють маргарин, майонез, кулінарні жири, застосовують при консервації. Тому воно не повинне мати специфічного смаку або запаху, щоб не порушувати загальний смак продукту.

На прилавки соняшникова олія потрапляє як наступні продукти: Рафіноване не дезодороване масло – зовні прозоре, але з характерним для нього запахом і кольором. Рафіноване дезодороване масло – прозоре, ясно-жовте, без запаху і смаку насіннячок. Нерафіноване масло – темніше, ніж вибілене, може бути з осадом або суспензією, але проте воно пройшло фільтрацію і, звичайно, зберегло запах, який ми всі знаємо з дитинства

## **Розділ 1. Аналіз літературних джерел**

На даний час застосовують тільки безперервний спосіб пресування на шнекових пресах, які поділяють на три групи:

- преси для попереднього витягування олії (форпреси) ФП, МП;
- преси для остаточного витягування олії (експелери) ЕП, МД, МПЕ; 7
- преси подвійної дії (попереднє і остаточне видобування олії здійснюється в одній машині) МПЕ-2, МП-21.

В даній кваліфікаційній роботі ми буде розглянуто форпреси (ФП, МП). Розрізняють шнекові преси для попереднього одержання олії (форпреси)

і для остаточного видобування олії (експелери). Головна їх розбіжність у конструкції робочого органу – шнекового вала. Для форпресів характерним є зменшення кроку витків від початку до кінця вала, при цьому в деяких випадках діаметр тіла витка збільшується. Для експелерів крок витків і діаметр тіла витків змінюється у значно меншій мірі.

Враховуючи, що різниця між пресами для попереднього і остаточного пресування полягає, в наборі витків шнекового вала. випускають преси з двома відповідними наборами витків, що дозволяє пресу працювати в обох режимах. Принцип роботи шнекових пресів залишається загальним. При обертанні шнекового вала в порожнині зерного барабана відбувається транспортування матеріалу від місця завантаження до виходу.

У результаті зменшення вільного об'єму витків за ходом руху матеріалу внаслідок зменшення кроку і збільшення діаметра тіла витка матеріал піддається стиску. При цьому в матеріалі виникає тиск, який віджимає олію з мезги, яка проходить через зазори зерного барабана і збирається у піддоні. Віджатиї матеріал (макуха) на виході з барабана зустрічається з пристроєм, який регулює переріз вихідної щілини і, тим самим, протитиск у всьому шнековому тракті преса.

У деяких технологічних схемах перед процесом жарення передбачається попереднє знімання олії, яке здійснюється у так званих форапаратах, які

називають інактиваторами та форшнеками.

**Форшнек марки КЯ** (рис.1) складається з двох частин – підготовчого пристрою і шнекового преса полегшеного типу.

Підготовчий пристрій 1 являє собою вертикальний циліндричний барабан, у якому вмонтовані два ряди форсунок 2 для подачі гострої водяної пари. Для кращого розподілу пари в м'ятці над кожним рядом форсунок обертаються ножі-мішалки.

За допомогою короткого патрубку 4 циліндр з'єднується з горизонтальним зеєрним циліндром, тобто, циліндром, утвореним поздовжніми планками з невеличкими щілинами між ними.

Короткий шнек 5 виконує роль живильника. Пресова частина має шнек 6 з витками перемінної товщини .

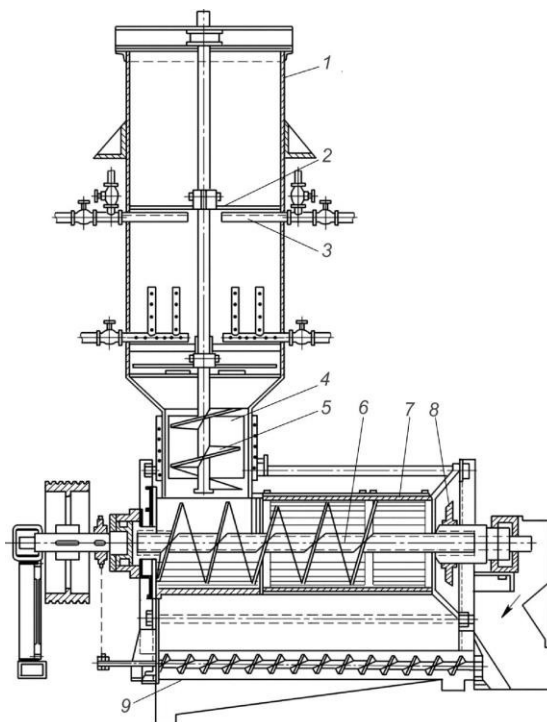


Рис. 1.1 – Схема олійного форшнека типу КЯ:

1 - бункер; 2 - ножі-мішалки; 3 - форсунки подавання пари; 4 - патрубок; 5 - шнек-живильник; 6 - шнек; 7 - циліндр-зеєр; 8 - регулювальний конус; 9 - шнек для видалення олії.

На вихідному кінці вала шнека поміщений регулювальний конус 8, що може пересуватися по різьбі. Під зеєрним циліндром розташований шнек для видалення олії. Привод преса від електродвигуна через клинопасову передачу,

шнека вивантажувача – через ланцюгову.

При роботі агрегату м'ятка безперервно поступає у підготовчий пристрій 1, де послідовно зволожується на верхньому і нижньому ярусах форсунок. Зволожена м'ятка, захоплена шнеком-живильником, зазнає невеликого стиску і частково виділена олія витікає через сітчасте кільце, розміщене навколо живильного шнека. Злегка знежирена м'ятка подається на основний шнек, де і здійснюється остаточне відділення олії, яка через зерні щілини стікає і видаляється шнеком 9. Цим типом апарата можна видобувати до 70 % олії.

**Прес ФП** (рис. 1.2) відноситься до шнекових пресів для попереднього витягування олії .

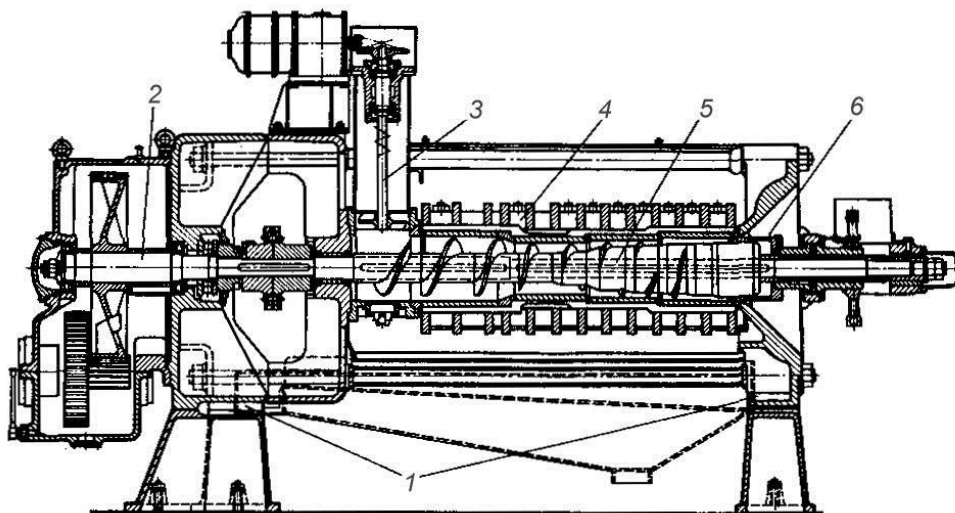


Рис. 1.2 – Схема форпреса ФП:

1 - станина; 2 - вал приводний; 3 - регулятор живлення; 4 - зерний барабан; 5 - шнековий вал; 6 - регулювальний пристрій.

Станина 1, що є основою, на якій змонтовані усі головні вузли преса, виконана литою із чавуну. Вона складається із двох стійок, які з'єднані стяжними болтами.

Зерний барабан 4 виконаний ступінчастим з різним діаметром. У поперечному перерізі кожна ступінь зерного барабана складається зі стяжних скоб (з товстої листової сталі товщиною 30 мм), що мають осьове рознімання, набраних зерних планок, що опираються циліндричною поверхнею, на кромку

центрального отвору стяжних скоб. Таким чином, стопа зеєрних планок займає чверть окружності, у кожній половині стяжної скоби розташовано дві такі стопи зеєрних планок, а усього в обох половинках стяжної скоби – чотири. Укладають зеєрні планки одну до іншої так, щоб їх виступаючі частини були розташовані за напрямком обертання шнекового вала.

По всій довжині зеєрного барабана встановлені тринадцять стяжних скоб. Обидві половинки зеєрного циліндра за допомогою чотирьох стяжних брусів і шпильок з'єднані в єдиний барабан.

У місці розніму закладені фігурні пластини-ножі, які мають виступи і вирізи відповідно до конфігурації шнекового вала. Їх призначення – запобігти повертанню матеріалу разом зі шнековим валом.

Величина зазору між зеєрними планками залежить від того, яке попереднє або остаточне знімання масла роблять на пресі, а також від того, яку олійну сировину переробляють. Зазор між зеєрними планками змінюється від ступіні до ступіні, зменшуючись у напрямку до виходу матеріалу.

Чим більший тиск у пресі, тим меншим повинен бути зазор між зеєрними планками. Діапазон змінення зазору від 1,5 до 0,15 мм.

Шнековий вал 5 являється основним робочим органом шнекового преса. Простір між зовнішньою поверхнею шнекового вала і внутрішньою поверхнею зеєрного барабана є робочим простором.

Конструктивно шнековий вал (рис. 1.3) виконують збірням з окремих шнекових витків, що різняться кроком і діаметром, та проміжних кілець, насаджених на гладкий вал і зафіксованих від прокручування шпонкою. Така конструкція дозволяє виготовляти окремі витки шнека з постійним кроком, що спрощує технологію їх виготовлення, а також заміну шнекових витків по мірі їх зношування.

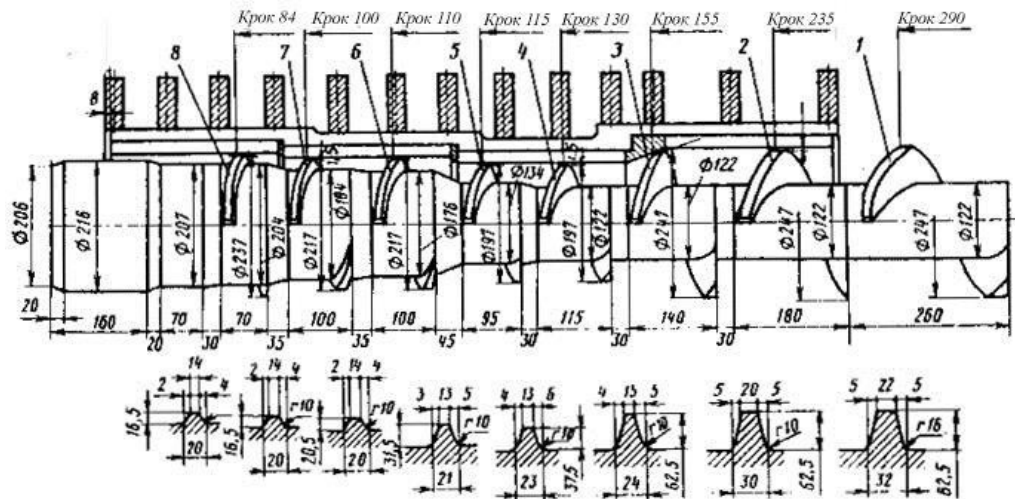


Рис.1. 3 – Шнековий вал форпреса ФП

Регулювальний пристрій 6 конусного типу забезпечує регулювання тиску в робочій камері преса, що особливо важливо в період пуску преса, який розігрівається протягом певного періоду часу і матеріал у пусковий період має знижену температуру, що приводить до утруднення віджиму олії при підвищеному тиску. Після розігріву преса робота його нормалізується.

Принцип регулювання тиску в робочій камері преса полягає у змінненні перетину вихідної щілини і, відповідно, пов'язаного з ним місцевого опору.

Привод 2 преса здійснюється від електродвигуна через конічно-циліндричний вбудований редуктор.

Шнековий олійний прес МП-68 (рис. 4) попереднього витягування олії, який має геометричні розміри робочих органів (шнекового вала і зерного циліндра), що збігаються з аналогічними розмірами преса ФП. Основними вузлами преса МП-68 є наступні: Станина 11 виконана литою; її опорні стояки з'єднані між собою зварними трубами і двома швелерами. На станині з боку виходу макухи укріплений корпус підшипника шнекового вала.

Робоча камера включає у себе шнековий вал, який складається з дев'яти окремих шнекових витків 8 і перехідних кілець 9, зібраних на осі вала 6 і стягнутих кінцевою гайкою, та зерний барабан 7, які не відрізняються від аналогічних вузлів преса ФП. Опори шнекового вала спираються на радіальні сферичні дворядні підшипники, змонтовані на станині.

Обертання шнековому валу передається від вала редуктора за допомогою

запобіжної хрестоподібної муфти 3, одна з напівмуфт якої встановлена на осі шнекового вала. Від поломок преса при перевантаженнях захищають зрізуванням штифтів муфти. Поряд з напівмуфтою на осі шнекового вала закріплена зірочка ланцюгової передачі 4 привода обертової тічки живильника 5 преса.

Зеерна камера 7 складається з двох частин, що мають вертикальне рознімання, шарнірне з'єднання знизу і клинове з'єднання зверху. Це разом з лебідкою полегшує розкривання і закривання зеерної камери. У середині цієї камери є спеціальні ножі з виступами, що перешкоджають провертанню мезги разом зі шнековим валом.

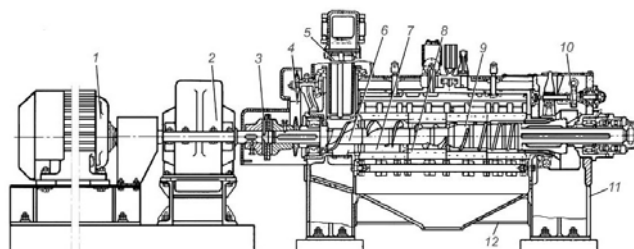


Рис. 1.4 – Схема олійного преса МП-68:

1 - електродвигун; 2 - редуктор; 3 - муфта; 4 - ланцюгова передача; 5 - живильник; 6 - шнековий вал; 7 - зеерна камера; 8 - шнековий виток; 9 - перехідне кільце; 10 - регулятор тиску; 11 - станина; 12 - збірний пристрій.

Живильник 5 має вигляд обертової труби з нерухомими скребками, що очищають стінки від налиплого матеріалу. Зверху корпус живильника прикріплений до нижнього чана жаровні. Обертання труби передається через ланцюгову передачу і пару конічних шестерень, одна з яких насаджена на обертову тічку.

Механізм для зміни товщини макухи 10 на виході преса розміщений у корпусі станини. Для змінення величини зазору переміщується кільце підйнятною системою, що через черв'ячну передачу приводиться у рух штурвалом, винесеним на зовнішній бік преса.

Значення зазору між кільцем і конусом можна контролювати за спеціальним показником зі стрілкою. Збірний пристрій для олії 12 складається зі зливального листа і збірника і закріплений між передньою і задньою

стійками станини на двох швелерах.

Привод олійницького преса складається з електродвигуна 1 і редуктора 2, що з'єднані муфтою 3 з валом преса. Електродвигун – тришвидкісний; змінюючи схему підключення його полюсів, можна одержати різну частоту обертання шнекового вала.

Прес олійний ЕТП-20 (рисунок 7) виготовляється фірмою СКЕТ (Німеччина), Це обладнання є шнековим пресом і здатне працювати як у режимі форпресування, так і в режимі остаточного пресування.

Переміна режиму забезпечується зміненням геометрії шнекового вала шляхом заміни комплекту шнекових витків (при цьому змінюють зазори між зеєрними пластинками), а також зміненням частоти обертання шнекового вала від 25...32 до 5...9 об/хв. шляхом заміни зубчастих коліс редуктора.

Особливістю преса ЕТП-20 є подовжений зеєр (до 1800 мм), який має два діаметри (на живильному ступені 250 мм і 200 мм на інших чотирьох ступенях).

Шнековий вал можна підігрівати або охолоджувати шляхом подачі відповідного агента (пари або води) у наявний у ньому канал.

Ширина вихідної щілини преса регулюється конусом, який переміщається від механічної передачі, що зв'язується зі шнековим валом.

Для подачі мезги в прес застосовується шнековий живильник із самостійним приводом через варіатор.

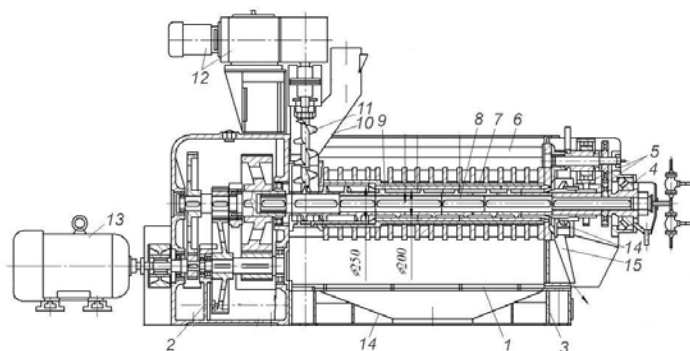


Рисунок 1.5 – Олійний прес подвійного призначення ЕТП-20:

1 - станина; 2 - ліва опорна рама (корпус редуктора); 3 - права рама; 4 - упорний підшипник; 5 - механізм регулювання конуса; 6 - стяжки; 7 - зеєрний циліндр; 8 - головний вал; 9 - шнекові витки; 10 - тічка для подачі сировини

(мезги); 11 - живильник; 12 - привод живильника; 13 - електродвигун головного привода; 14 - піддон для олії; 15 - ножі для дроблення макухи (черепашки); 16 - тічка для макухи.

На даний час ринок України насичений олійними пресами невеликої продуктивності вітчизняного і зарубіжного виробництва, призначеними для малих підприємств і фермерських господарств. Усі вони базуються на принципі шнекового пресування, мають достатньо просту конструкцію і при цьому велику надійність і стабільність у роботі.

## **Розділ 2. Опис технологічного процесу виробництва соняшникової олії.**

### **2.1 Способи та технологія виробництва соняшникової олії.**

Олію з насіння добувають двома основними способами: механічним, в основі якого лежить пресування подрібненої маси, і хімічним, за якого спеціально підготовлена олійна сировина обробляється органічними розчинниками. Ці два способи використовуються в технології виробництва олії самостійно або у поєднанні. Принципова технологічна схема виробництва олії така: очистка насіння від домішок, підсушування, луцення (шеретування), поділ рушанки, подрібнення ядра, вологотеплова обробка його, добування олії пресуванням або екстракцією, очищення олії.

Очистка насіння олійних культур від смітних домішок проводиться спеціальними машинами з урахуванням геометричних і аеродинамічних властивостей, для видалення металевих домішок застосовують феромагнітну очистку за допомогою електромагнітних сепараторів.

Підсушування насіння проводять за умови, якщо його вологість на рівні критичної або більша. Оптимальною вологістю насіння олійних культур перед луценням вважається така, яка приблизно на 2 % менша від критичної.

Основна кількість олії зосереджена в ядрі насіння (зародок і ендосперм), в плодовій і насінній оболонці (покривних тканинах) міститься мала кількість олії, яка має інший ліпідний склад. Тому під час переробки насіння потрібно відокремлювати від ядра плодове і насінні оболонки: сировина звільняється від низькоолійних компонентів і відносна кількість олії збільшується; збільшується продуктивність технологічного обладнання; поліпшується якість олії (відсутні ліпиди лузги, які мають воски і воскоподібні речовини); зменшується втрата олії. Під час шеретування потрібно не допустити руйнування ядра, для цього операція повинна проводитися одним ударом по насініні; створити раціональне співвідношення між вологістю оболонок і ядра, перед шеретуванням провести калібрування насіння за розмірами. Якість шеретування насіння залежить від

вмісту небажаних фракцій в рушанці (так називають одержаний матеріал після шеретування): зовсім необлущеного насіння, частково облущеного, подрібненого ядра (січки), порошу насіння.

Після шеретування рушанку розділяють в сепараторах і пневмо-очисних машинах з метою відокремлення ядра від плодових і насінних оболонок з мінімальними втратами олії. Для цього використовують аспіраційні віяльні машини, які розділяють рушанку на фракції ядро, оболонки, ціле насіння і недолущене. Останні дві фракції направляють на повторне шеретування. Схеми поділу рушанки і формування фракцій для насіння різних культур неоднакові.

Наступним етапом є подрібнення ядра, яке суттєво впливає на вихід олії і продуктивність обладнання. Головне завдання цього процесу полягає у максимальному руйнуванні клітинної структури. Для цього насіння соняшнику декілька разів пропускають крізь валкові станки. На якість подрібнення значно впливає вологість ядра. Найкраще руйнування клітинної структури відбувається за його вологості 5,5...6,0%. Подрібнене ядро називають м'яткою, яку не можна довго зберігати, тому що фермент ліпаза швидко розщеплює жири, гідролізуючи їх на гліцерин і вільні жирні кислоти. Від цього погіршуються як харчові, так і технологічні якості олії.

З сирої м'ятки під пресом, не зважаючи на великий тиск, можливо видалити лише 10...15% загальної кількості олії. Пояснюється це тим, що олія в м'ятці розподілена на поверхні частинок подрібненого ядра у вигляді тонких плівок, яка утримується значними силами молекулярної взаємодії, величина яких значно перевищує тиск пресів. Для зменшення сил, які зв'язують олію з поверхнею м'ятки, застосовують гідротермічну обробку. При цьому відбувається денатурація білків, зменшення зв'язності олії, зміна хімічних і фізико-хімічних властивостей.

Приготування м'язги (так називають м'ятку після гідротермічної обробки) проводять в два етапи:

1) зволоження м'ятки і підігрівання в апаратах інактиваторах або в парозволожувальних шнеках до температури 80...85°C і поступовим зволоженням та

зменшенням зв'язності олії з неліпідною частиною насіння на поверхні частинок м'ятки;

2) висушування і нагрівання (підсмажування) м'ятки в жаровнях різної конструкції: чанних, шнекових і барабанних. Під час підсмажування відбувається явище самопропарювання - водяна пара проходить крізь товстий шар м'ятки і сприяє частковому розпаду грудочок які утворилися в процесі зволоження в перший період гідротермічної обробки. Тривалість прожарювання-40...45 хвилин.

В подальшому видаляють олію або способом пресування, або екстракції. Пресування проводять за допомогою шнекових пресів МП-68, КСП-26, ЕТП-20.1 або шнекових пресів-грануляторів Г-24 (видалення олії з одночасним одержанням каліброваних гранул макухи). На початку віджимання м'язга ущільнюється, зближаються її частинки і з'єднуються верхні шари олії, потім товщина шарів збільшується, і олія не утримується поверхневими силами на частинках і відділяється у вільному стані. Під час наступного ущільнення м'язги частинки деформуються, олія починає витікати і по внутрішніх капілярах деформованих частинок.

Від фізико-механічних властивостей м'язги, її вологості і температури залежить величина максимального тиску преса: м'язга з вологістю, яка перевищує оптимальну, не формується у вигляді макухи, не відбувається повне видалення олії; із пересушеної м'язги з-під преса виходить сипкий несформований матеріал у вигляді борошна. Температура пресування істотно впливає на ефективність видалення олії: на холодному, нерозігрітому пресі неможливо одержати макуху з низьким вмістом олії. Пресовий метод не дає можливості повністю видалити олію з макухи.

Для збільшення виходу олії після пресування застосовують екстракцію органічними розчинниками, які повинні відповідати таким вимогам;

- не розчиняти ніякі інші компоненти, крім олії;
- володіти здатністю повністю зв'язуватися з олією у вузькому температурному інтервалі;

- не шкодити здоров'ю людей;
- не бути вибухо- і пожежонебезпечними;
- бути економічно вигідними;
- не діяти шкідливо на обладнання.

Нині розчинників, які відповідали б усім цим вимогам, нема. Використовуються бензин марки А та нефрас.

Підготовка сировини для екстракції з попереднім видаленням олії практично не відрізняється від підготовки її для пресування. Проте, для збільшення поверхні дотику з розчинником, подрібнену макуху пропускають крізь спарені гладенькі плющильні валки, щоб одержати пелюстки товщиною 0,2...0,4мм. На швидкість процесу екстракції впливають: розмір поверхні дотику, температура процесу, розмір молекули екстрагуючої речовини і розчинника, в'язкість. Чим більша поверхня контакту розчинника і олії, вища їх температура, менший радіус молекул, менша в'язкість розчинника, тим швидше відбувається екстракція. Температура матеріалу, який іде на екстракцію, повинна бути на 5°C нижчою від температури кипіння і не перевищувати 50°C при використанні бензину марки А чи нефрасу. Якщо температура перевищує цей рівень, то матеріал охолоджують. Продукт, який утворюється від з'єднання подрібненої макухи (пелюсток) з розчинником, називають місцелю.

В процесі екстракції відбуваються процеси, в результаті яких зменшується вміст незамінних ненасичених жирних кислот, відбувається розпад провітамінів та біологічно активних речовин, нагромадження продуктів окислення, що спричинює утворення вторинних білково-ліпідних комплексів, стійких як до пресування, так і до екстракції. Все це погіршує якість олії та скорочує строки її зберігання. Деякі продукт ліпідного окислення МІСТЯТЬ токсичні речовини, зменшують біологічну цінність олії.

Для добування олії екстракцією використовують два способи: занурення і ступінчасте зрошення. Способом занурення олію з макухи добувають в процесі безперервного проходження крізь потік розчинника в

умовах протилежного напрямку, за якого і розчинник, і екстракційний матеріал безперервно рухаються назустріч один одному. При цьому відбуваються висока швидкість екстракції, невелика тривалість процесу добування олії, утворюються низькі концентрації кінцевих місцел, високий вміст домішок, використовуються проста конструкція апаратів і складна система фільтрації.

За ступінчастого зрошення відбувається безперервне переміщення лише розчинника, а екстрагуючий матеріал залишається нерухомим. Цим способом одержують місцелу підвищеної концентрації і чистішою; продовжується процес екстракції; можливість утворення вибухонебезпечних концентрацій; вміст твердих домішок в місцелі може досягати 0,8... 1% від маси. Домішки, зокрема, збільшують осад (гущу) в олії, утворюють накип на грючих поверхнях, погіршують умови теплопередачі, погіршують якість екстракційної олії, ускладнюють рафінування місцели. Після закінчення екстракції шрот містить біля 1% олії і розчинника 40%. Його обробляють парою для звітрювання розчинника, сушать, охолоджують і подрібнюють.

Місцелу після екстракції фільтрують за допомогою спеціальних фільтрів і зливають в місцелозбірник. Вона містить олії 10...15% і розчинника 85...90%, коли використовують спосіб занурення, і 30...35 % олії та 65...70 % розчинника за способу ступінчастого зрошення. Чим більша концентрація місцели, тим ближчі її властивості до властивостей олії.

Для відокремлення олії місцелу подають в дистилятори безперервної дії. Спочатку її підігрівають гарячою парою в попередньому дистиляторі до температури 100-105°C. При цьому частина розчинника випаровується і концентрація олії збільшується до 75...85 %. Потім місцелу подають в кінцевий дистилятор і знову обробляють гарячою парою до температури 210...220°C, внаслідок чого з неї повністю видаляється розчинник. Олію, що утворилася, виводять з дистилятора і охолоджують водою.

Олія після пресування чи екстракції містить тверді і колоїдні домішки,

зокрема білкові і слизисті речовини, фосфатиди, тригліцероли, фосфоліпиди, жиророзчинні вітаміни, провітаміни, які погіршують її якість. Для очистки олії застосовують різні способи: фізичні (відстоювання, центрифугування, фільтрування); хімічні (гідратація, лужна рафінація, окислення фарбуючих речовин); фізико-хімічні (відбілювання, дезодорація - відокремлення летких речовин, які зумовлюють специфічний смак і запах, видалення вільних жирних кислот тощо). Цей процес називається рафінація, що в перекладі з французької означає очищати.

Для відстоювання олію в ємкостях залишають на тривалий час. Важкі частинки осідають на дно відстійника. Від механічних домішок і води олію очищають центрифугуванням. Фільтрування дозволяє відокремити механічні домішки, щільність яких не відрізняється від щільності олії. Фільтрують олію крізь спеціальну тканину або тканину і фільтрувальний папір у фільтрах-пресах.

На деяких заводах олію після першої гарячої фільтрації очищають способом гідратації. Гідратація - очистка олії від колоїдно-розчинних фосфатидів, білкових та інших речовин. Вводячи в олію насичену пару або воду і перемішуючи їх, зволожують білкові речовини і фосфатиди, які, володіючи гідрофільними властивостями, в процесі гідратації інтенсивно вбирають воду, набухають і збільшуються. Внаслідок цього утворюються пластівці, які випадають в осад.

Очистку олії від вільних жирних кислот здійснюють шляхом обробки її слабкими розчинами лугів (NaOH). При взаємодії жирних кислот з лугами утворюються нерозчинні в нейтральній олії солі - мило, яке випадає в осад у вигляді пластівців. Очищена олія надходить у вакуум-сушарку, де висушується в безперервному потоці. Потім її охолоджують в калориферах до температури 25...30°C.

Від фарбуючих речовин олію очищають адсорбційною рафінацією. Олію обробляють спеціальними порошками, дрібненькі частинки яких адсорбують на своїй поверхні фарбуючі речовини. Для відбілювання

використовують спеціальні глини та інші сорбенти. Видалення неприємних запахів і присмаку проводять дезодорацією олії в спеціальних апаратах. Крізь шар олії пропускають перегріту водяну пару, з якою звітрюються ароматичні речовини. Цей процес називається дистиляцією. Рафіновану олію зберігають в щільно закритих резервуарах, без доступу повітря, вологи і світла.

## **2.2. Класифікація та якість олії**

За здатністю до висихання олію поділяють на висихаючу, напіввисихаючу і невисихаючу. Базується це на можливості швидкого окислення ненасичених жирних кислот. У висихаючій олії йодне число становить 130...295. Основну масу цих олій становить гліцерид, до складу якого входять лінолева (50...60%) та ліноленова (17...45%) кислоти. Характерними представниками є лляна та конопляна олії. У напіввисихаючій олії йодне число становить 85... 130. До складу цих олій входять головним чином гліцериди лінолевої (40...57 %) та олеїнової (28...50 %) кислот. Це соняшникова, соєва і кукурудзяна олії. У невисихаючих олій йодне число до 85. Ці олії (арахісова, рицинова) складаються переважно з гліцеридів олеїнової кислоти (до 83 %).

За консистенцією розрізняють тверді та рідкі олії. До твердих олій належать кокосова і какао, до рідких - усі інші.

За характером використання олії поділяють на технічні і харчові. Харчові олії поділяються на кулінарні, столові (салатні) і консервні. До столових відносять олії, одержані способом пресування за відносно низької температури, та всі рафіновані олії незалежно від способу одержання. В кулінарії харчові олії використовують у натуральному вигляді або у вигляді маргарину та спеціальних кулінарних жирів.

Залежно від глибини очистки і цільового призначення олія поділяється на нерафіновану (очищена від механічних домішок); гідратовану (очищена від фосфатидів, вільних жирних кислот, фарбуючих речовин); рафіновану дезодоровану (очищена від ароматичних, смакових і канцерогенних речовин, а також від пестицидів).

Якість олії визначають за зовнішнім виглядом, фізичними властивостями і хімічним складом. Харчова олія за зовнішнім виглядом по винна бути повністю прозорою, світло-жовтого кольору. Запах, колір і прозорість визначають за температури олії біля 20°C. Визначають також кількість осаду, вологість, легкі речовини.

Важливими показниками якості олії є кислотне та йодне число і число омилення. Під кислотним числом розуміють кількість КОН, необхідного для нейтралізації вільних жирних кислот, які містяться в 1 г. олії. Збільшене кислотне число свідчить про низьку якість сировини, псування її під час зберігання або тривале зберігання олії. Під йодним числом розуміють кількість грамів йоду, яка повністю насичує вільні зв'язки в 100 г олії. Чим більше йодне число, тим більший вміст неграничних кислот в олії і тим кращою сировиною вона для виготовлення оліфи. Під числом омилення розуміють кількість міліграмів КОН, необхідного як для омилення гліцеридів (зв'язаних жирних кислот), так і для нейтралізації вільних жирних кислот, що входять до складу 1 г олії.

Якість олії значною мірою залежить від умов зберігання. Важливим фактором захисту олії від окислення є зменшення контакту з киснем повітря. Для цього потрібно зберігати олію в герметичній тарі, колір якої має важливе значення. Олія в тарі коричневого або темно-зеленого кольору зберігається в 1,5...2 рази довше, ніж у світлій тарі. Температура зберігання повинна бути низькою позитивною.

### **2.3. Відходи олійного виробництва**

До відходів олійного виробництва належать макуха і шрот. Конопляна і соняшникова макуха є цінним концентрованим кормом для тварин, її використовують для виробництва комбикормів. Хімічний склад макухи і шроту залежить від виду насіння і вмісту олії в сировині, а також від способу виробництва олії.

Високоякісна макуха повинна бути сірого кольору різних відтінків від

світлого до бурого (ляна), без стороннього запаху, гіркоти. Макуху, одержану від переробки насіння арахісу, маку, кунжуту, використовують в кондитерській промисловості. Так, з макухи арахісу і кунжуту виробляють халву, з макухи гірчиці – порошок столової гірчиці.

Після переробки олійної сировини одержані макуху і шрот висушують, охолоджують та проводять відгонку розчинника (екстракційний спосіб добування олії). Вологість макухи і шротів відповідно до стандартів повинна знаходитись у межах 6-10%, температура зберігання – до 25 °С. Зберігають насипом або в мішках у сухому затемненому сховищі.

## **2.4 Аналіз ефективності технологічного обладнання**

Аналіз проводимо із показників технологічних характеристик, особливу увагу приділяємо на збільшення продуктивності та зменшення споживання електроенергії машинами.

Аналіз ефективності проводимо по ходу просування сировини в технологічному процесі.

Елеватор 46ПКЦ-3-91-5. Технічна характеристика:

Продуктивність 1250 кг/год.

Сепаратор ЗСМ-1,5.

Технічна характеристика:

Продуктивність 1300 – 1500 кг/год.

Ефективність очистки, не менш 65%.

Частота обертання ексцентрикового вала 462,5 хв<sup>-1</sup>.

Амплітуда коливань 6,5 мм.

Установлена потужність 2,5 кВт.

Габаритні розміри 1750\*1325\*1855 мм.

Вага 565 кг.

Показники ефективності очистки відповідають сучасним вимогам.

Колонка магнітна ВКМА2.300А.

Призначена для виділення із насіння соняшника метало-магнітних

домішок.

Технічна характеристика:

Продуктивність 1200 кг/год.

Габаритні розміри, мм 424\*332\*555

Вага 25 кг.

Досить висока ефективність якості очистки. Споживання електроенергії відсутнє, працює за рахунок встановлених природних магнітів.

Обрушуюча машина МРН.

Технічна характеристика:

Частота обертання барабана 560-630 хв<sup>-1</sup>.

Частота обертання живильного валика 98-110 хв<sup>-1</sup>.

Потужність електродвигуна 3,75 кВт.

Габарити 1490\*1435\*1755 мм.

Вага машини 1380 кг.

Якість обрушування (шеретування)

Склад рушанки:

Січки 7,08%, пилі 4,96%, недоруш 16,28%, ціляк 10,08%.

Шнековий транспортер.

Транспортування рушанки до віяльної машини.

Технічна характеристика.

Продуктивність 1200-1300 кг/год.

Установлена потужність 3 кВт.

Габаритні розміри 2000\*300\*600 мм.

Вага 72 кг.

Станок вальцевий Б6-МВС.

Технічна характеристика.

Продуктивність 500 кг/год.

Продуктивність електродвигуна 5,58 кВт.

Габаритні розміри 1809\*910\*1190 мм.

Вага 1150 кг.

Подрібнене ядро соняшникового насіння (м'ятка) подається до жаровні Е8-МЖА. Технічна характеристика:

Продуктивність 400 кг/год.

Частота обертання мішалки 21,5 хв<sup>-1</sup>

Установлена потужність 3 кВт.

Температура нагріву продукту 120 °С.

Габаритні розміри 2250\*1670\*800 мм.

Вага 2400 кг.

Прес шнековий зерний «МП – 700». Технічна характеристика:

Продуктивність 10-15 тон.

Остаточна маслічність жмиха 10-11%.

Тиск пресування 25 МПа.

Установочна потужність електродвигуна 11 кВт.

Габаритні розміри 1995\*800\*2665.

Вага 2920 кг.

Технічна характеристика масло пресу не задовольняє всім вимогам технологічного процесу та ефективності виробництва. Масло прес потребує вивченню та удосконаленню.

Макух від масло преса транспортується в вище приміщення транспортером У10-ТСЦ, технічна характеристика аналогічна попередньому.

Далі олія проходить через дільницю очищення, яка складається з рамного фільтр-пресу, центрифуги НОГШ-325 та гідрататора.

Технічні характеристики фільтр-пресу:

Продуктивність при температурі 80<sup>0</sup>С – 60-65 кг/ч.

Площа фільтрації - 2 м<sup>2</sup>.

Номинальна міцність - 1,2 кВт.

Маса – 500 кг.

Технічна характеристика центрифуги:

Продуктивність по осаду – 400-500 кг.

Частота обертання ротора – 3500 кг.

Габаритні розміри – 650-1140-970.

Потужність електродвигуна – 7,5 кВт.

Вага – 682 кг.

Технічні характеристики гідрататора (змішувача):

Продуктивність 150 кг/год.

Установочна потужність електродвигуна 2,5 кВт.

Габаритні розміри 1130\*600\*1550 мм.

Вага 190 кг.

З метою покращення якості соняшникової олії пропонуємо, використання у процесі очистки додатково фізичні поля, такі як електростатичне та центробіжне. Для цього проведемо ряд досліджень, результати яких наведені у наступному розділі.

Далі олія перекачується насосом НЦС12-10 в бак готової продукції де проходить її відстоювання.

## **2.5 Технологічна схема отримання рослинних олій.**

М'ятка, отримана у вальцьовому верстаті, поступає в чанову жаровню 1(рис1.1), де починається її волого теплова обробка. В результаті цього відбуваються зміни форм зв'язку масла з білковим комплексом ядра. При цьому збільшується зміст поверхневого масла, яке легко віджимається в пресах.

При виході з жаровні оброблена м'ятка, яка тепер називається мезга, поступає в шнековий прес 2 для знімання масла в так званий форпрес. Тут під дією тиску масло частково відпресовується і стікає в піддон. Частково знежирена мезга, або так звана форпресова черепашка, після виходу з преса піддається подальшій переробці.

Отримане форпресове масло направляють на попереднє очищення. При цьому масло з пресів разом з осипом поступає на гуще-ловушку 3, де за рахунок гравітаційних сил відбувається процес відстоювання масла, осип, що внаслідок чого відокремився, містить велику кількість масла, знову

відправляється на переробку в жаровню.

Заздалегідь очищене масло поступає у фільтр-прес» для гарячої фільтрації. Шлам з фільтр-преса містить значну кількість масла, тому у фільтр-прес його віджимають за допомогою інертного газу. Знежирений таким чином шлам прямує знову в жаровню для переробки. Отримане фільтроване масло виводиться з цеху.

З метою поліпшення якості і механізації технологічних процесів при очищенні пресового масла гуще-ловушки і фільтро-пресу замінюють на горизонтальні шнекові центрифуги і сепараторів.

Механічні домішки з масла віддаляються в полі відцентрових сил, що утворюються за рахунок обертання відповідних робочих органів цих машин.

Схема подальшої переробки отриманої форпресової черепашки, що містить 15... 18% масел, не залежить від виду культури; вона обумовлюється тільки способом витягання масла, що залишилося, — пресуванням або екстракцією.

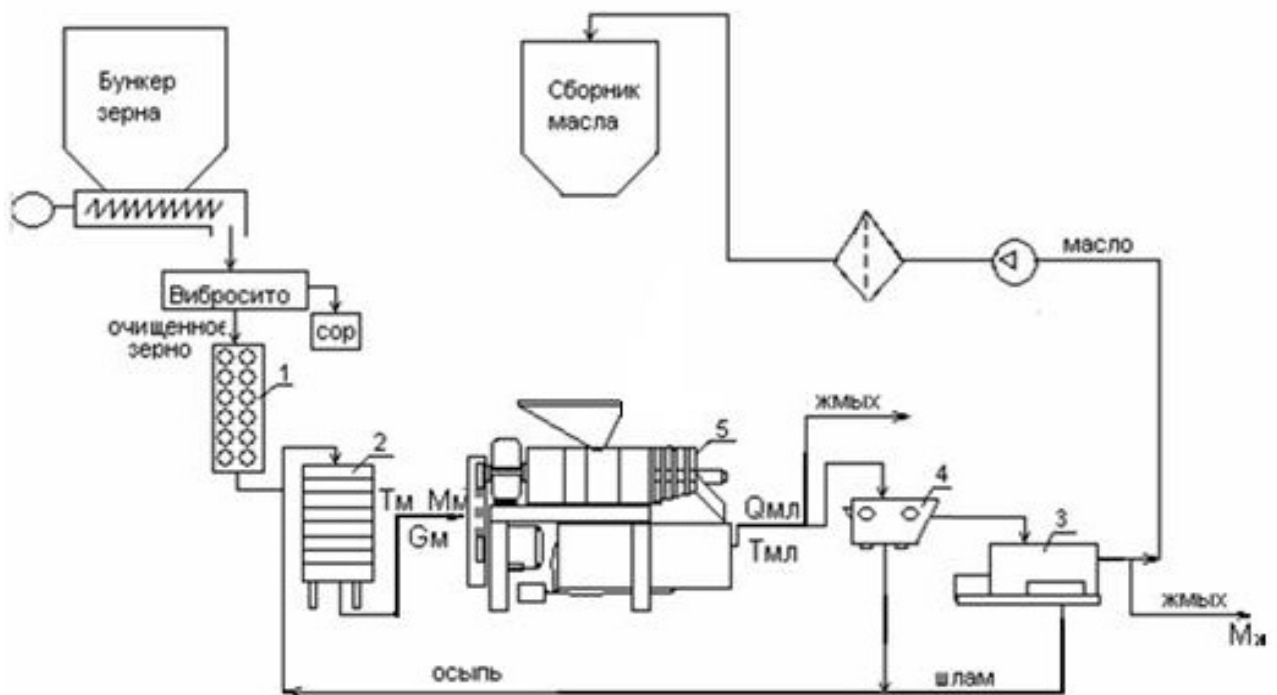


Рис. 2.1- Технологічна схема

1 - пальцевий верстат, 2 – жаровня, 3 шнековий прес, 4 гущеуловлювач, 5 - фільтр прес.

Для отримання масла механічним способом із застосуванням тиску можна використовувати гідравлічні і шнекові преси. Гідравлічні преси раніше мали широке розповсюдження, але із-за конструкційних недоліків в даний час повністю витиснені шнековими пресами.

Шнекові преси можна класифікувати по технологічному призначенню на дві групи:

- для попереднього знімання масла (форпреси);
- для остаточного знімання масла (експеллери).

Форпреси застосовують в технологічних схемах форпресування екстракція і двократного пресування для попереднього знімання масла.

Основними ознаками форпресів є: великі діаметри зерного циліндра і шнекового валу, що досягають в приймальній камері 320...250 мм; збільшена частота обертання шнекового валу (18...28 мін<sup>-1</sup>, а в деяких конструкціях 30...100 мін<sup>-1</sup>).

Для остаточного (другого) віджимання масла в схемі двократного пресування призначене шнековий пресс-експеллер. Експеллер характеризується меншим діаметром зерного циліндра і шнекового валу (130... 155 мм), пониженою частотою обертання шнекового валу (4,5... 5,5 мін<sup>-1</sup>).

Фізична суть процесу пресування мезги в шнекових пресах полягає в наступному. Приготована для пресування мезга є сипким пористим матеріалом з пластичними властивостями. Під дією тиску від стислої мезги відділяється рідка частина — масло, а тверді частинки спресовуються в брикет макуху. При стискуванні мезги відбувається зменшення проміжків між частинками, що приводить до виділення масла. При значному ущільненні самих частинок віджимається основна кількість масла.

Основна кількість масла (до 96 %) від витянутого в пресі; віджимається в першій половині преса, в зоні першого і другого ступенів тиску. При пресуванні мезги відбувається додатковий розтин кліток (10... 15%).

Поєднання пластичних і пружних властивостей мезги, яких набуває вона при смажінні, є одним з основних чинників, що визначають величину тиску, що розвивається в пресі, що обумовлює і глибину віджимання масла. Крім того, глибин віджимання залежить від характеру наростання тиску і часу прибуття мезги під тиском.

Оптимальна пластичність мезги для попереднього мул; остаточного пресування досягається певними режимами волого-теплової обробки. Відхилення від встановлених режимів спричиняє за собою зміну оптимального поєднання вологості і температури мезги, що приводить до порушення процесу пресуванні. Мезга вологістю вище оптимальною має підвищену пластичність, при її пресуванні макуха не формується, виходить у вигляді безформної

пластинчастої маси. Стік масла змішається у бік надходження матеріалу. Через зерні щілини виходить значна кількість мезги. Різко знижується навантаження на електродвигун преса.

У разі пересушування мезга має знижену пластичність, а пресований матеріал виходить з преса у вигляді сухої жорсткої високоолійної крупи або муки. Стік масла по зерному циліндру зміщується у бік виходу макухи. Навантаження на приводний електродвигун спочатку зростає, а потім різко знижується, що є наслідком падіння тиску на пресовану мезгу.

Дія на мезгу високого тиску в процесі пресування сприяє до ущільнення молекул амінокислот, зміни властивостей білкових речовин, що має аналогічний характер з денатурацією, і до зниження їх розчинності. Високий тиск в процесі остаточного пресування приводить до переміщення частинок мезги, викликаючи при цьому додаткове нагрівання пресованого матеріалу, що, у свою чергу, обумовлює глибшу денатурацію білків з 70 до 35%.

Брикетування макухи відбувається таким чином. Під дією тиску частинки мезги зближуються за рахунок зменшення проміжків між ними, потім, стикаючись, тиснуть одна на одну, що приводить до деформації окремих частинок в місцях розриву масляних плівок. У певний період мезга перестає бути сипкою, а поводить як ціле пластичне тіло. При подальшому підвищенні тиску утворюється пористий брикет гелю макухи. При знятті тиску за рахунок пружних деформацій в макусі утворюються крупні тріщини і дрібні пори.

## **2.6 Опис конструкції технологічного агрегату і особливостей його експлуатації.**

**Маслопрес моделі «МП – 700»** дозволяє виконувати холодне і гаряче пресування олійних культур, а також їх макух по схемі одно-, двух- або триразового пресування. Відмітною особливістю даної моделі є легкість очищення і складки, які займають близько 5 хвилин, міцності, а також можливості повторного пресування.

### *Призначення преса*

1. Прес МП -700 призначений для отримання рослинних олій з насіння соняшнику, сої, рапсу, ріцини, гірчиці, і інших масло олійних культур методом пресування без попередньої обробки сировини.

2. Сировина повинна мати вологість не вище 6 - 7%

3. прогріта до температури 50°C

Очищено від органічного сміття, мінеральних домішок, металевих і твердих предметів.

### *Технічні дані*

1.Продуктивність (по насінню соняшнику) т/сутки	36
2.Частота обертання валів, об/мин	60
3.Ступінь стискування	5,6
4.Діапазон температур нагріву мятки °С	90 -150
5.Вихід масла при маслянистій насіння соняшник	50 %)
6. Залишкова масляниста макухи (для соняшнику),	12-14%
7.Осип з преса %, не більш	6
8.Зазори зерних камер, мм	0,45; 0,25
9.Ємкість бака шлючи збору масла, л	200
10.Напруга мережі змінного струму, В	380±10%
11.Частота струму, Гц	50±1
12.Число фаз	3
13.Максимальна і споживана потужність, кВт	15
14.Габаритні розміри, мм, не більш	
• довжина	3400

• ширина	1200
• висота	1600
15. Маса преса, не більш, кг	2500
16. Обслуговуючий персонал, чіл.	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• - при використанні непрогрітою або вологою насіннячка продуктивність і вихід масла знижується</li> </ul>	

### *Пристрій преса*

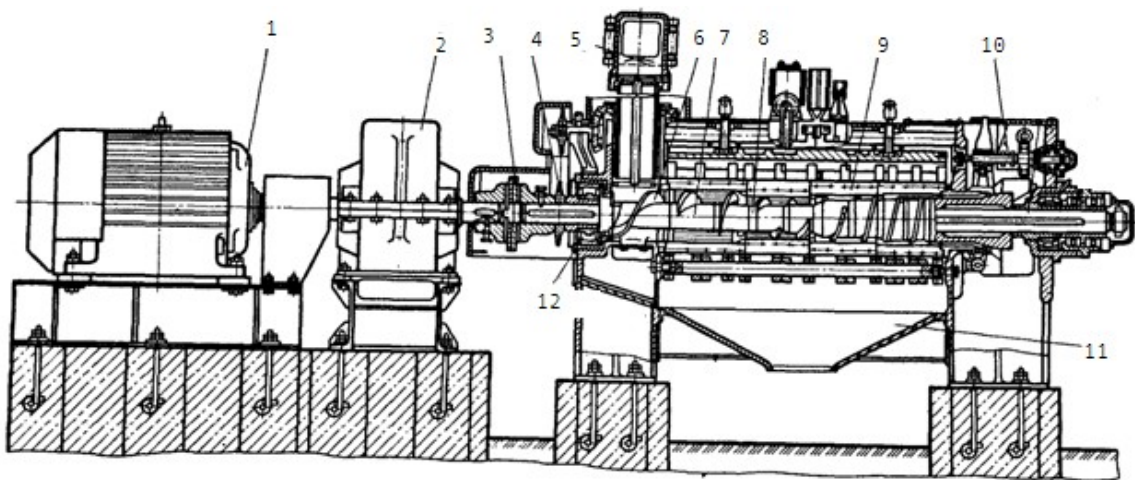


Рис. 2.2- Пристрій форпреса

Прес складається з наступних основних вузлів:

Де: 1-Електродвигун; 2-редуктор; 3-муфта; 4- зірочка ланцюгової передачі; 5-живильник преса; 6- шнековий виток; 7- Шнековий вал; 8- перехідне кільце; 9- Зеерна камера; 10 - Механізм для зміни товщини що виходить з преса макухи; 11 – Масло-збірний пристрій; 12 - сферичні дворядні підшипники.

### Розділ 3. Розрахунок навантажень і вибір потужності двигуна.

#### 3.1 Розрахунок навантажень і вибір двигуна шнекового пресу.

За технічним завданням на проектування відомі параметри механізму і бажана продуктивність системи. Продуктивність шнекового форпреса прямо пропорційна швидкості обертання механізму і знаходиться по формулі:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \varphi \cdot 60, (\text{м}^3 / \text{ч}) \quad (3.1)$$

де  $D$  - зовнішній діаметр шнека;

$d$  – діаметр валу;

$S$  – крок гвинта шнека;

$n$ - швидкість обертання шнекового живильника;

$\varphi$  - коефіцієнт продуктивності.

Для того, щоб визначити швидкість обертання шнекового живильника, яка потрібна для забезпечення заданої продуктивності системи, виражаємо її з формули (2.1):

$$n = \frac{K_3 \cdot Q'}{\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot \varphi \cdot 60}, (\text{об} / \text{мин}), \quad (3.2)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу,  $K_3 = 1, 1-1, 3$ ;

$$Q' = \frac{Q}{\gamma_0} = \frac{15000}{400} = 37,5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Для горизонтального шнека пасивна область цілком розміщується на шнеку за умови  $S/D \geq 1$  і отже застосовна формула:

$$\varphi = 0,87 \cdot \left( 1 - 0,237 \left( \frac{S}{D} \right)^2 \right), \quad (3.3)$$

$$\varphi = 0,87 \cdot \left( 1 - 0,237 \cdot \left( \frac{0,2}{0,4} \right)^2 \right) = 0,818$$

Тоді по формулі (2.2) розраховуємо швидкість обертання шнекового живильника:

$$n = \frac{1,23 \cdot 15}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,4^2 - 0,1^2) \cdot 0,2 \cdot 0,818 \cdot 60} = 16 \text{ об/хв}$$

Секундна продуктивність

$$Q^c = \frac{K_3 \cdot Q}{3600}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (3.4)$$

$$Q^c = \frac{1,23 \cdot 15}{3600} = 0,0052 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Питома витрата енергії

$$A = \frac{2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot L \cdot \gamma_0 \cdot g}{\frac{S}{D}}, \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}, \quad (3.5)$$

$$A = \frac{2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot L \cdot \gamma_0 \cdot g}{\frac{S}{D}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 5 \cdot 400 \cdot 9,81}{\frac{0,2}{0,4}} = 1,97 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3},$$

де  $\mu=0,8$ - коефіцієнт тертя;

$L$ - довжина шнека;

$\gamma_0$  - насипна об'ємна маса матеріалу ( $\text{кг/м}^3$ ).

Розрахункова потужність на валу приводу

$$P = Q^c \cdot A, \text{ кВт}, \quad (3.6)$$

$$P = 0,0052 \cdot 1,97 \cdot 10^5 = 10,2 \text{ кВт}.$$

Розрахунковий момент опору на валу

$$M = \frac{P}{\omega_{расч}}, \text{ кНм}, \quad (3.7)$$

$$M = \frac{N}{n/9,55} = \frac{10,2}{16/9,55} = 6,1 \text{ кНм}.$$

Умови вибору електродвигуна:

Потужність двигуна.

Таблиця 3.1 – Паспортні дані АІР160М6

$U_H, \text{ В}$	$P_H, \text{ кВт}$	$\eta_H, \%$	$\cos \varphi_H$	$n_H, \text{ об/мин}$	$\frac{M_{пуск}}{M_H}$	$\frac{M_{max}}{M_H}$	$\frac{I_n}{I_H}$	J	Маса, кг
380	15	87	0,85	970	2,7	3	6,5	0.15	190

### 3.2. Вибір системи електроприводу

Сучасний регульований електропривод містить, як правило, статичний (електронний) перетворювач електроенергії (регулятор, комутатор), за допомогою якого забезпечується економічне і плавне регулювання параметрів руху в широкому діапазоні, формування перехідних процесів із заданою якістю, автоматизація процесів управління. Тип керованого перетворювача, тип електродвигуна, а також спосіб дії, що управляє, на двигун визначають в цілому систему електроприводу. Вибір системи електроприводу можливий на основі порівняльного аналізу технічних даних, приведених в таблиці 1, і початкових даних на проектування електроприводу з урахуванням викладених вище за особливості застосування найбільш поширених систем електроприводу.

Таблиця 3.2 Технічні показники систем електроприводу

Найменування показників	ТП-Д	ШИР-Д	ПЧИ-АД	НПЧ-АД	ТРН-АД	АВК
Джерело Живлення	~	~/ -	~/ -	~	~	~
Регулювання швидкості	вниз1:20 вверх3:1	вниз1:10	вниз1:10 вверх2:1	вниз1:4*	вниз 1:2**	Вниз 1:2
Діапазон потужностей	2–1000 кВт	до 10 кВт	5–100 кВт	10–100 кВт	2–150 кВт	50– 200 кВт

Таблиця 3.3 Питома вартість електроустаткування, ум. од./кВт

Найменування	До 2 кВт	2–5 кВт	5–12 кВт	12–30 кВт	30–70 кВт	70–150 кВт	св. 150 кВт
ДПТ	2000	1200	720	380	280	260	250
АДК	600	400	240	130	115	100	-
АДФ	-	500	280	170	150	130	110
ТП	-	1300	1000	400	250	130	150
ШИР	3700	1800	1300	-	-	-	-
ПЧИ	-	-	5000	3500	2500	1800	-
НПЧ	-	-	3200	1500	650	400	-
ТРН	-	800	600	280	170	100	-

Для деяких електроприводів найважливішим є масо-габаритний показник. Цей показник можна використовувати і для остаточного вибору, якщо економічні показники порівнюваних систем виявилися достатньо близькими. Орієнтовні показники маси різних систем електроприводу приведені нижче в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Питома маса електроприводів, кг/кВт

Система електроприводу	до 2 кВт	2–5 кВт	5–12 кВт	12–30 кВт	30–70 кВт	70–150 кВт	св. 150 кВт
ТП-Д	-	150	80	52	46	42	37
ШИР-Д	150	100	70	-	-	-	-
ПЧИ-АД	-	-	300	220	150	100	-
НПЧ-АД	-	-	65	42	35	28	-
ТРН-АД	-	65	45	26	23	20	-
АВК	-	-	-	-	46	40	35

Зважаючи на технічні показники, економічність і питому масу електроприводів, і призначення механізму, вибираємо систему ПЧ-АД, оскільки вона дозволяє застосувати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором отримати великий діапазон регулювання і добитися високих динамічних показників електроприводу.

## **Розділ 4. Вибір перетворювача частоти.**

### **4.1. Вибір перетворювача частоти.**

Статичні перетворювачі частоти є найбільш досконалими пристроями управління асинхронним приводом в даний час.

Частотний перетворювач в комплекті з асинхронним електродвигуном дозволяє замінити електропривод постійного струму. Системи регулювання швидкості двигуна постійного струму достатньо прості, але слабким місцем у такого електроприводу є електродвигун. Він дорогий і ненадійний. При роботі відбувається іскріння щіток, під впливом електроерозії зношується колектор. Такий електродвигун не може використовуватися в запиленому і вибухонебезпечному середовищі.

Асинхронні електродвигуни перевершують двигуни постійного струму по багатьом параметрам: вони прості по пристрою і надійні, оскільки не мають рухомих контактів. Вони мають менші в порівнянні з двигунами постійного струму розміри, масу і вартість при тій же потужності. Асинхронні двигуни прості в виготовленні і експлуатації.

Основний недолік асинхронних електродвигунів – складність регулювання їх швидкості традиційними методами (змінюючи живлячу напругу, введенням додаткових опорів в ланцюг обмоток). Управління асинхронним електродвигуном в частотному режимі до недавнього часу було великою проблемою, хоча теорія частотного регулювання була розроблена ще в тридцятих роках. Розвиток частотно – регульованого електроприводу стримувався високою вартістю перетворювачів частоти. Поява силових схем з IGBT-транзисторами, розробка високопродуктивних мікропроцесорних систем управління дозволило різним фірмам Європи, США і Японії створити сучасні перетворювачі частоти доступної вартості.

Відомо, що регулювання частоти обертання виконавчих механізмів можна здійснювати за допомогою різних пристроїв: механічних варіаторів, гідравлічних муфт, що додатково вводяться в статор або ротор резисторами, електромеханічними перетворювачами частоти, статичними перетворювачами

частоти.

Принцип частотного методу регулювання швидкості асинхронного двигуна полягає в тому, що, змінюючи частоту  $f$  живлячої напруги, можна при незмінному числі пар полюсів  $p$  змінювати кутову швидкість магнітного поля статора.

$$\omega_0 = \frac{2\pi \times f_1}{p}$$

Цей спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики володіють високою жорсткістю.

Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання асинхронного двигуна, тому втрати потужності при регулюванні невеликі.

Для отримання високих енергетичних показників асинхронного двигуна – коефіцієнтів потужності, корисної дії, перевантажувальній здатності – необхідно одночасно з частотою змінювати і напругу, що підводиться.

Закон зміни напруги залежить від характеру моменту навантаження  $M_c$ . При постійному моменті навантаження  $M_c = \text{const}$  напруга на статорі повинна регулюватися пропорційно частоті:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$$

Для інших моментів навантаження (наприклад, вентилятор) цей закон має вигляд:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const}$$

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}$$

Таким чином, для плавного безступінчатого регулювання частоти обертання валу асинхронного електродвигуна, перетворювач частоти повинен забезпечувати одночасне регулювання частоти і напруги на статорі асинхронного двигуна. Застосування регульованого електроприводу забезпечує енергозбереження і дозволяє отримувати нові якості систем і об'єктів. Значна економія електроенергії забезпечується за рахунок

регулювання якого-небудь технологічного параметра. Якщо це транспортер або конвеєр, то можна регулювати швидкість його руху. Якщо це насос або вентилятор – можна підтримувати тиск або регулювати продуктивність. Якщо це верстат, то можна плавно регулювати швидкість подачі або головного руху.

Більшість сучасних перетворювачів частоти побудована по схемі подвійного перетворення. Вони складаються з наступних основних частин: ланки постійного струму (некерованого випрямляча), силового імпульсного інвертора і системи управління.

Ланка постійного струму складається з некерованого випрямляча і фільтру. Змінна напруга живлячої мережі перетвориться в нім в напругу постійного струму.

Силовий трифазний імпульсний інвертор складається з шести транзисторних ключів. Кожна обмотка електродвигуна підключається через відповідний ключ до позитивного і негативного виводів випрямляча. Інвертор здійснює перетворення випрямленої напруги в трифазну змінну напругу потрібної частоти і амплітуди, яка прикладається до обмоткам статора електродвигуна.

У вихідних каскадах інвертора як ключі використовуються силові IGBT-транзистори. В порівнянні з тиристорами вони мають вищу частоту перемикання, що дозволяє виробляти вихідний сигнал синусоїдальної форми з мінімальними спотвореннями.

Перетворювач частоти складається з некерованого діодного силового випрямляча В, автономного інвертора, системи управління ШИМ, системи автоматичного регулювання, дроселя  $L_v$  і конденсатора фільтру  $C_v$  (рис.3.1). Регулювання вихідної частоти  $f_{вих.}$  і напруга  $U_{вих}$  здійснюється в інверторі за рахунок високочастотного широко-імпульсного управління. Широко-імпульсне управління характеризується періодом модуляції, усередині якого обмотка статора електродвигуна підключається по черзі до позитивного і негативного полюсів випрямляча.

Тривалість цих станів усередині періоду ШИМ модулюється по синусоїдальному закону. При високих (наприклад 2.15 кГц) тактових частотах ШИМ, в обмотках електродвигуна, унаслідок їх властивостей, що фільтрують, течуть синусоїдальні струми.

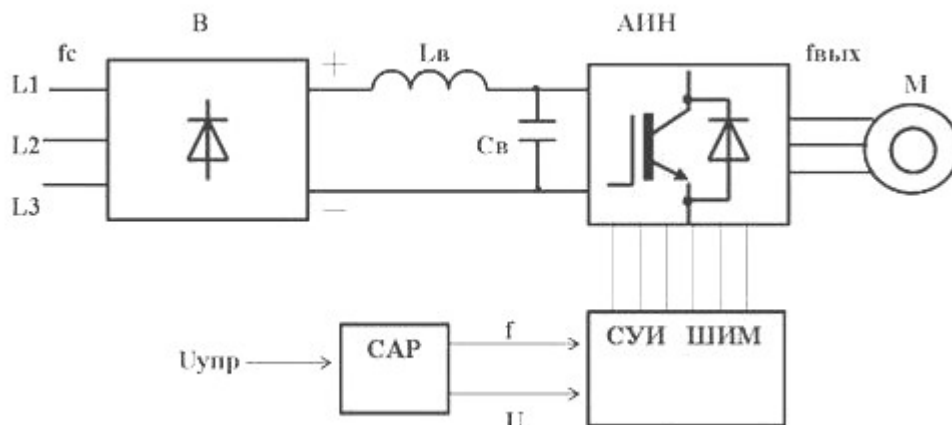


Рис. 4.1- Складові частини частотного перетворювача.

Таким чином, форма кривої вихідної напруги є високочастотною двохполюсною послідовністю прямокутних імпульсів (рис. 3.1). Частота імпульсів визначається частотою ШИМ, тривалість (ширина) імпульсів протягом періоду вихідної частоти АІН промодульована по синусоїдальному закону. Форма кривої вихідного струму (струму в обмотках асинхронного електродвигуна) практично синусоїдальна.

Регулювання вихідної напруги інвертора можна здійснити двома способами: амплітудним (АР) за рахунок зміни вхідної напруги  $U_v$  і широко-імпульсним (ШИМ) за рахунок зміни програми перемикання вентилів V1-V6 при  $U_v = \text{const}$ .

Другий спосіб набув поширення в сучасних перетворювачах частоти завдяки розвитку сучасної елементної бази (мікропроцесори, IGBT-транзистори). При широко-імпульсній модуляції форма струмів в обмотках

статора асинхронного двигуна виходить близькою до синусоїдальної завдяки властивостям самих обмоток двигуна.

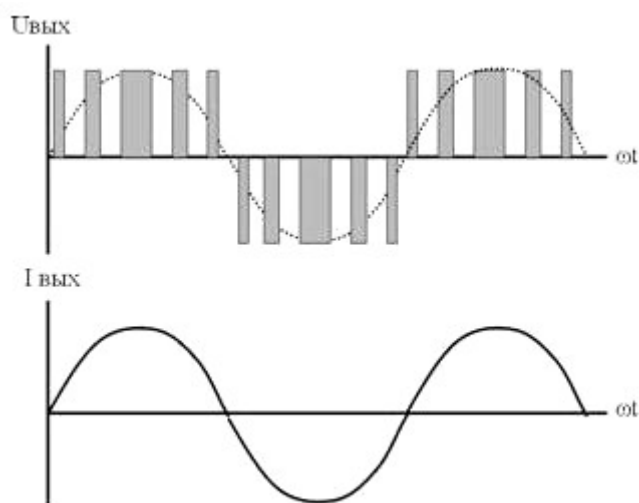


Рис.4.2- Графіки широтно-імпульсної модуляції.

Таке управління дозволяє отримати високий ККД перетворювача і еквівалентно аналоговому управлінню за допомогою частоти і амплітуди напруги.

Сучасні інвертори виконуються на основі повністю керованих силових напівпровідникових приладів – ГТО, що замикаються, – тиристорів, або біполярних IGBT-транзисторів з ізольованим затвором. На рис.4.3 представлена 3-х фазна мостова схема автономного інвертора на IGBT-транзисторах.

Вона складається з вхідного ємкісного фільтру  $C_{\phi}$  і шести IGBT-транзисторів V1-V6 включеними зустрічно-паралельно діодами зворотного струму D1-D6.

За рахунок почергового перемикання вентилів V1-V6 по алгоритму, заданому системою управління, постійна вхідною напруга  $U_{\text{в}}$  перетвориться в змінну прямокутно-імпульсну вихідну напругу. Через керовані ключі V1-V6 протікає активна складова струму асинхронного електродвигуна, через діоди D1-D6 – реактивна складова струму.

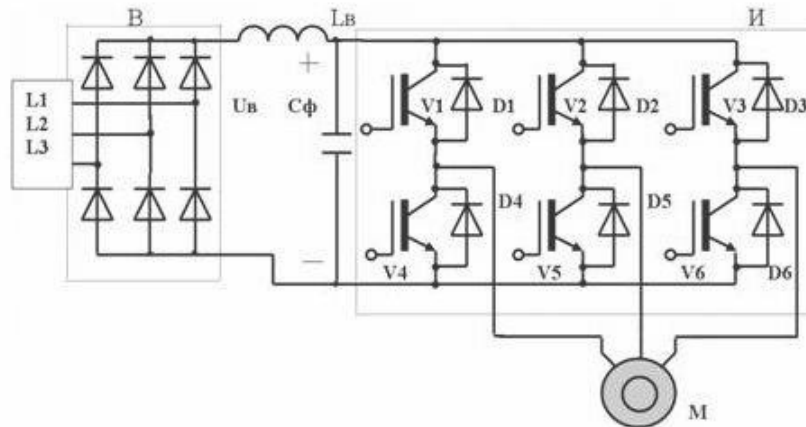


Рис 4.3- Спрощена схема перетворювача:

И- трифазний мостовий інвертор;

В – трифазний мостовий випрямляч;

Сф – конденсатор фільтру;

Оскільки технологічний процес не вимагає одночасної роботи двох і більш шнеків, то всі двигуни підключаються до одного і тому ж перетворювача частоти по черзі через комутатор з силових пускачів.

## Розділ 5. Розрахунок параметрів силової частини системи ПЧ -АД

### 5.1 Розрахунок перетворювача частоти.

Вибраний ПЧ має бути розрахований на потужність мотор-редуктора тобто 15 кВт.

Повна номінальна потужність двигуна визначається за формулою

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (5.1)$$

де  $Q$  – реактивна потужність двигуна:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5.2)$$

$$\cos \varphi = 0,87 \rightarrow \operatorname{tg} \varphi = 0,5667$$

$$Q = 15 \cdot 0,5667 = 8,5 \text{ кВАр}.$$

За формулою (4.1) обчислимо повну потужність двигуна:

$$S_{\text{ном.ДВ}} = \sqrt{15^2 + 8,5^2} = 16,25 \text{ кВА}.$$

Визначимо номінальний струм двигуна:

$$I_{\text{ном.ДВ}} = \frac{P_{\text{ном.ДВ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}, \quad (5.3)$$

$$I_{\text{ном.ДВ}} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,92} = 28,45 \text{ А}.$$

Приймаємо до установки частотний перетворювач типу Moeller DV6 виробництва корпорації Moeller.



Рис.5.1-Загальний вигляд перетворювача.

**Перетворювачі частоти Moeller DV6** застосовуються для регулювання моменту і швидкостей 3-х фазних двигунів до 132 кВт; у друкарській, паперовій, текстильній, металообробній індустріях; як привід кранів і підйомних механізмів.

Силові ланцюги: 3х 400 В, 50/60 Гц

Потужності: від 0.75 кВт до 132 кВт (400 В): DV6-340-

#### **Особливості перетворювачів частоти Moeller DV6**

Без сенсорного векторного управління (управління по замкнутому контуру за допомогою плати DE6-IOM-ENC)

Перевантажувальна здатність: 1,2 пускового моменту протягом 60 з, кожні 600 з

Вбудований гальмівний транзистор (до 11 кВт)

Авто-налаштування (автоматичне визначення параметрів двигуна) 32-бітовий процесор

Повний момент, починаючи з частот близьких до нульових (розімкнений контур)

Пусковий момент до 200%

Управління декількома двигунами (біс сенсорне)

Параметризуються: 8 дискретних входів; 1 релейний вихід (перемикальний контакт); 3 аналогових входу; 2 аналогових виходу; 1 ШИМ вихід Термісторний вхід

Виносний блок управління з потенціометром

ПД регулятор Інтерфейси RS485 і RS422

Підтримка промислових мереж PROFIBUS-DP (опція) Збереження параметрів

Синхронізація і плавне регулювання швидкості (DE6-IOM-ENC)

Відповідність міжнародним стандартам (CE, UL, c-UL, cTick).

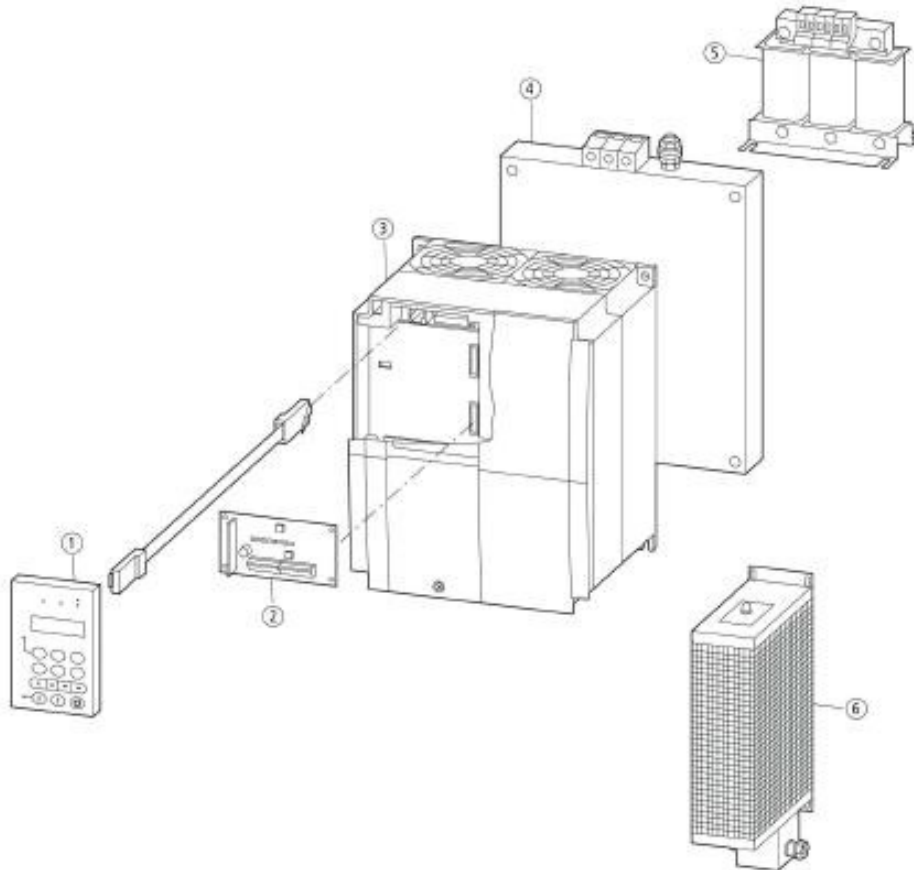


Рис.5.2 Конструктивне виконання

1-зовнішня панель управління DEX-DEY-10

2-інтерфейсний модуль зв'язку DE6-NET-DP(PROFIBUS-DP)

3-перетворювач частоти DF6

4-фільтр RFI.DE6-LZ. ,5-мережевий дросель, 6-гальмівний резистор

## Розділ 6. Розробка принципової схеми управління електроприводом.

### 6.1. Функціональна схема електроприводу.

Для визначення функціональної схеми треба знати номінальний струм двигуна. Номінальний струм статора двигуна дорівнює 29 А.

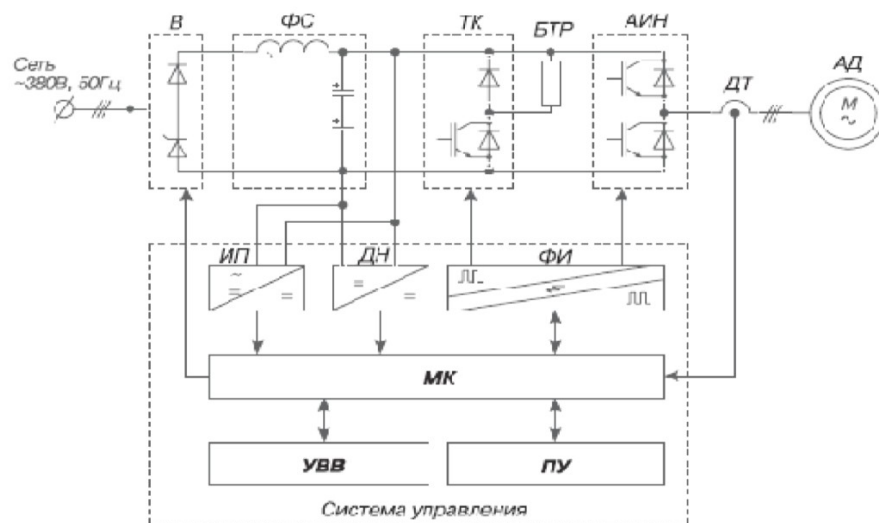
Одержане значення струму менше номінального струму перетворювача **Moeller DV6**, що дорівнює 30 А

У силову частину електроприводу входять асинхронний двигун з короткозамкненим ротором і комплектний перетворювач частоти.

Умовою вибору перетворювача частоти є відповідність номінальної напруги і струму перетворювача тиристора номінальним параметрам двигуна, тобто

$$U_{ТПном} > U_{1ном}, I_{ТПном} > I_{1ном}.$$

Таким чином, вибраний перетворювач частоти відповідає



завданню.

Рис.6.1 - Функціональна схема електроприводу SV150 iS5-4NU. На схемі позначено: В - силовий напівкерований випрямляч; АД - приводний асинхронний електродвигун; ИП - джерело живлення (конвертор); ФС - силовий LC-фільтр ланки постійної напруги; ТК - транзисторний(IGBT) ключ реостатного гальмування(гальмівний ключ); БТР - зовнішній блок гальмівного резистора; АИН - транзисторний (IGBT) автономний інвертор напруги; ДТ - датчик струму; ДН - датчик напруги; ФН- формувач сигналів транзисторів, що управляють (драйвер); МК - мікропроцесорний контролер; УВВ - пристрій

вводу/виводу (зовнішній інтерфейс); ПУ - пульт управління.

Багатоканальне джерело живлення ИП перетворює змінну напругу мережі і випрямлену напругу ланки постійного струму в систему напруги постійного струму необхідних рівнів і ступенів стабільності, гальванічних зв'язаних і не зв'язаних між собою, для живлення пристроїв управління.

Мікропроцесорний контролер МК здійснює формування режимів роботи електроприводу із заданими параметрами за допомогою сигналів управління: сигналів ШИМ-управління транзисторами АИН, сигналів за хисту і аварійного відключення електроприводу, прийому і передачі зовнішніх управляючих, задаючих і інформаційних сигналів.

## 6.2. Розрахунок і вибір елементів вихідного фільтру

На виході з автономного інвертора напруги розташований фільтр. Найбільш поширеним видом вихідного фільтру є LC - фільтр. Основною вимогою, що пред'являється до фільтру, є забезпечення заданого коефіцієнта гармонік змінної напруги в стаціонарному режимі.

Індуктивність фільтра визначається за формулою:

$$L_{\Phi} > \frac{0,25E_{max}}{(0,4 \dots 0,6)f_k I_{ном}}$$

де  $E_{макс}$  - максимальна напруга джерела постійної напруги, В.

В даному випадку це напруга в ланці постійного струму з урахуванням коефіцієнта випрямлення мостової трифазної схеми

$$E_{макс} = 1,35U_d = 1,35 \cdot 380 = 513 \text{ В.}$$

$f_k$ - несуча частота комутації широтно- імпульсної модуляції ШИМ.

У електроприводі типу АТО несуча частота комутації змінюється програмно. В даному випадку  $f_k = 9$  кГц. Гранична частота обмежена допустимою частотою перемикання транзисторів, вона складає 10 кГц.

Чисельне значення індуктивності фільтру визначиться:

$$L_{\phi} > \frac{0,25 \cdot 513}{0,6 \cdot 8000 \cdot 58} = 0,0005 \text{ Гн}$$

Для фільтра до установки приймаємо реактор типу РТСТ - 40-2,02УЗ, параметри якого приведені в табл. 2.4

Таблиця 6.1 - Технічна характеристика реактора типу РТСТ - 40-2,02УЗ

Найменування	Розмірність	Значення
Номінальна лінійна напруга живлячої мережі, Існом	В	410
Номінальний фазний струм,	А	40
Номінальна індуктивність фази	мГн	2,02
Активний опір обмотки	МОм	265

Ємкість фільтру визначиться по формулі:

$$C_{\phi} = \frac{T_k^2}{64 k_r L_{\phi}}$$

де  $T_k$  - період несучої частоти комутації широтно- імпульсної модуляції ШИМ.

$$T_k = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{8000} = 0,000125 \text{ с}$$

$k_r$  - коефіцієнт вищих гармонік;  $k_r=0,05$ ; Чисельне значення ємкості фільтру:

$$C_{\phi} = \frac{0,000125^2}{64 \cdot 0,05 \cdot 2,02 \cdot 10^{-3}} = 2,47 \text{ мкФ.}$$

До установки приймається конденсатор типу МБГО -1 -400 В-2,4 мкФ  $\pm 10\%$ .

Дроселі включають в кожен фазу, послідовно з асинхронним двигуном, а конденсатори сполучають в трикутник і включають паралельно двигуну. Відповідно конденсатори істотно не впливають на загальний опір кола статора, тому опором фільтру при розрахунках можна нехтувати

### 6.3 Розрахунок і вибір елементів згладжувального фільтру

Згладжуючі дроселі встановлюються в кола постійного струму низьковольтних агрегатів і служать для зниження змінної складової струму через конденсатори фільтру і зменшення зони переривистих струмів при роботі електроприводу. Конденсатор призначений для замикання реактивної складової струму статора.

Якість фільтру визначається коефіцієнтом згладжування, який визначається:

$$S_{LC} = \frac{q_{вх}}{q_{вих}}$$

де  $q_{вх}$  - коефіцієнт пульсацій на вході фільтру;

$q_{вих}$  - коефіцієнт пульсацій на виході фільтру приймається в межах 0,01...0,1; виберемо  $q_{вих}=0,01$ .

Коефіцієнт пульсацій на вході фільтру визначається за формулою:

$$q_{вх} = \frac{1}{\sqrt{1+n^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}}$$

де  $n$  - число пульсацій випрямляча; для трифазної мостової схеми  $n=6$ ;

$\alpha$  - кут управління вентилів випрямляча;  $\alpha=0^\circ$ , оскільки напруга регулюється в АИН, а перетворювач тиристора некерований.

$$q_{вх} = \frac{1}{\sqrt{1+n^2 \operatorname{tg}^2 0}} = 0,057$$

Чисельне значення коефіцієнта згладжування:

$$S_{LC} = \frac{0,057}{0,01} = 5,7$$

Ємкість фільтру приймається з розрахунку 100 мкФ на 1 кВт потужності двигуна.

Розрахункова потужність фільтру визначиться:

$$C_{\phi} = 100 P_{ном} = 100 \cdot 15 = 1500 \text{ мкФ}$$

До установки вибирається конденсатори типу МБГО-1-400 В-390 мкФ  $\pm 10\%$ . 8 штук з'єднаних паралельно.

Індуктивність фільтру визначається по формулі:

$$L_{\phi} = \frac{S_{LC} + 1}{\pi^2 \omega^2 C_{\phi}}$$

де  $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314$  рад/с - кутова частота мережі.

$$L_{\phi} = \frac{5,7 + 1}{6^2 \cdot 314^2 \cdot 3000 \cdot 10^{-6}} = 0,0012 \text{ Гн}$$

До установки приймає реактор типу Ф РІС-250/0,5У3 параметри, якого представлені в табл. 2.5

Таблиця 6.1. Технічна характеристика реактора типу ФРОС– 250/0,5У3

Найменування	Розмірність	Значення
Номинальний постійний струм, I <sub>ном</sub>	А	320
Номинальна індуктивність фази, L <sub>p</sub>	мГн	4,2
Активний опір обмотки, R <sub>p</sub>	мОм	11,5

## Розділ 7. Дослідження системи управління електроприводом на електронній моделі.

### 7.1 Складання імітаційної моделі електроприводу

Одним із найважливіших елементів при створенні регульованого електроприводу є отримання енергоефективних законів управління та підвищення ККД самої машини. Метою математичного моделювання є створення системи управління асинхронним електроприводом та забезпечення максимального моменту на валу двигуна за низьких оборотів. Тому велике значення має як вибір системи моделювання, а й адекватність самої моделі до процесам, які у перетворювачі.

Так як у довіднику параметри схеми заміщення електродвигуна наведені у відносних одиницях, наводимо їх до абсолютних.

Розрахуємо коефіцієнт датчика швидкості

$$K_{\text{ДС}} = \frac{U_{\text{ДС}}}{\Omega_{1\text{И}}} = \frac{10 \cdot Z_p}{\omega_{1\text{И}}}$$
$$K_{\text{ДС}} = \frac{10 \cdot 3}{314} = 0,0955$$

Визначимо синхронну частоту обертання

$$\Omega_{1\text{И}} = \frac{\omega_{1\text{И}}}{Z_p} = \frac{2\pi f_{1\text{И}}}{Z_p}, \text{ рад/с}$$
$$\Omega_{1\text{И}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{3} = 104,6 \text{ рад/с}$$

$Z_p$  – кількість пар полюсів

$$T_{\text{ДС}} = T_{\text{ТТ}} \approx 0,0001 \text{ с}$$

Розрахуємо коефіцієнт частоти

$$K_f = \frac{\omega_{1\text{И}}}{U_{\text{ДС}}} = \frac{\omega_{1\text{И}}}{10} = \frac{314}{10} = 31,4$$
$$K_u = \frac{U_{1\text{И}}}{U_{\text{РТ}}} = \frac{220}{10} = 22$$

Визначимо постійну часу перетворювача частоти

$$T_{\text{квч}} = \frac{0,5}{f_k}$$

$f_k$  – частота комутації, 0,5...16 кГц

$$T_{\text{квч}} = \frac{0,5}{2000} = 0,00025 \text{ с}$$

Визначимо постійну часу роторної обмотки двигуна

$$T_2' = \frac{1}{S_k \cdot \omega_{\text{ном}}},$$

$$T_2' = \frac{1}{2,93 \cdot 101,55} = 0,0033,$$

$$S_k = S_n \cdot \left( k_{\text{перек}} + \sqrt{k_{\text{перек}}^2 - 1} \right)$$

$$S_k = 0,03 \cdot \left( 3 + \sqrt{3^2 - 1} \right) = 2,93$$

$$S_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0}$$

$$S_n = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03$$

$$\omega_{\text{ном}} = \omega_0 \cdot (1 - S_n)$$

$$\omega_{\text{ном}} = 104,7 \cdot (1 - 0,03) = 101,55$$

Визначимо жорсткість механічної характеристики

$$h_u = 2M_k \cdot T_2'$$

$$h_u = 2 \cdot 433,13 \cdot 0,0033 = 2,85$$

Визначимо критичний момент при живленні двигуна від джерела напруги

$$M_k = 3 \cdot M_{\text{ном}} = 3 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}}$$

$$M_k = 3 \cdot \frac{15000}{101,55} = 443,13$$

Визначимо постійну часу задатчика інтенсивності

$$T_{\text{зв}} = 4 \cdot T_2' = 4 \cdot 0,0033 = 0,0132 \text{ с}$$

Визначимо коефіцієнт пропорційності регулятора швидкості

$$K_{pc} = \frac{T_n}{2 \cdot T_n' \cdot K_{pc} \cdot K_f'}$$

$$\text{де } T_n' = T_2'$$

$T_n$  – електромеханічна постійна часу двигуна

$$T_n = \frac{J}{h_u} = \frac{0.15}{2.85} = 0.052 \text{ с}$$

$$K_{pc} = \frac{0.052}{2 \cdot 0.0033 \cdot 0.0955 \cdot 31.4} = 2.62$$

Визначимо постійну часу регулятора швидкості

$$T_{pc} = \frac{4 \cdot T_2'}{K_{ps}}, \text{ с}$$

$$T_{pc} = \frac{4 \cdot 0.0032}{2.62} = 0.0061 \text{ с}$$

Модель перетворювача частоти, працюючого на асинхронний двигун, представлена малюнку 3.1. У моделі використовується система векторного управління зі зворотним зв'язком швидкості двигуна, що забезпечує широкий діапазон регулювання швидкості. Інформація про частоту обертання надходить із виходу датчика швидкості.

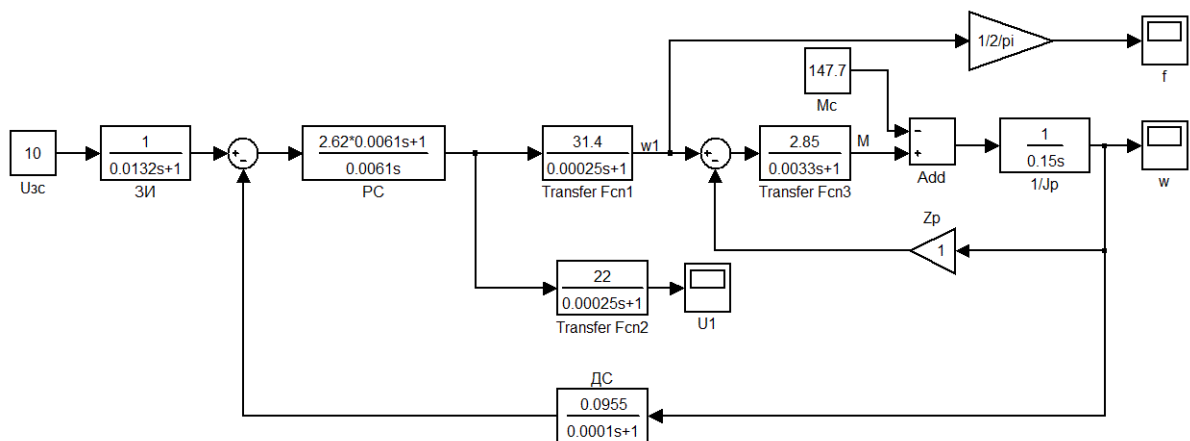


Рисунок 7.1 – Імітаційна модель системи електроприводу ПЧ-АД

## 7.2. Отримання та обробка результатів моделювання електроприводу

Із застосуванням вибраних інструментальних засобів отримаємо графічні залежності основних координат електроприводу.

$U_1, \text{В}$

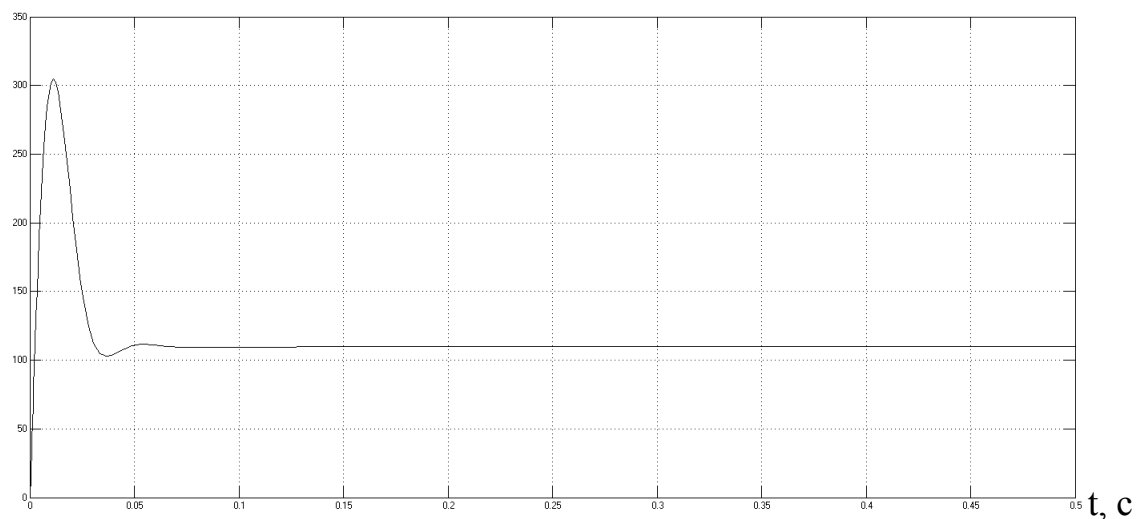


Рисунок 7.2 – Графічна залежність напруги на виході з ПЧ  $U_1, \text{В}$

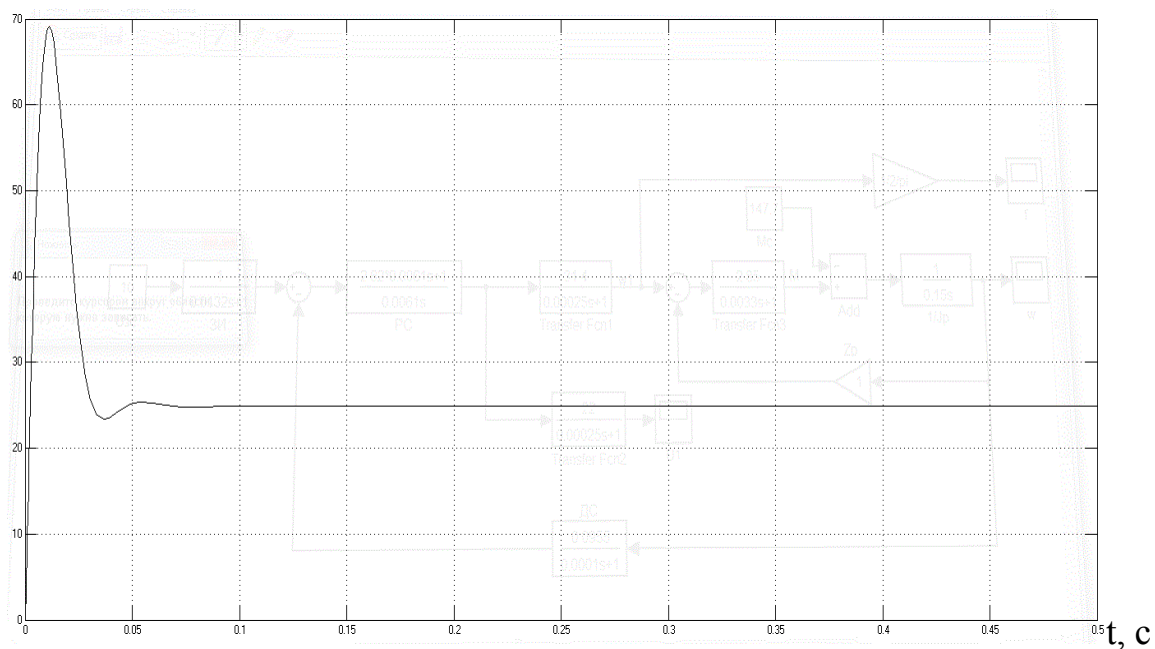


Рис 7.3 –Графічна залежність частоти живлення двигуна, при зменшенні частоти мережі з 50Гц до 25Гц.

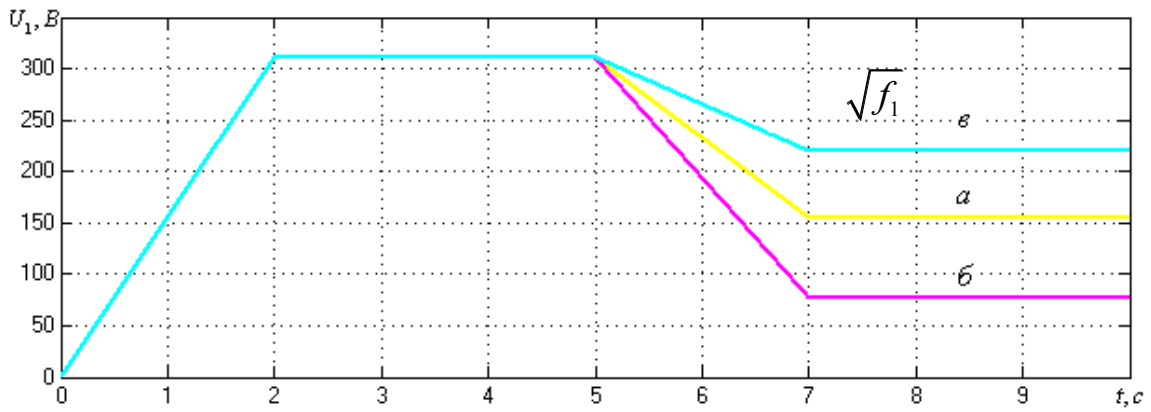


Рис. 7.4 Характеристики зміни амплітуди напруги ПЧ :

а-  $U_1 / f_1 = const$  ; б-  $U_1 / f_1^2 = const$  ; в-  $U_1 / \sqrt{f_1} = const$

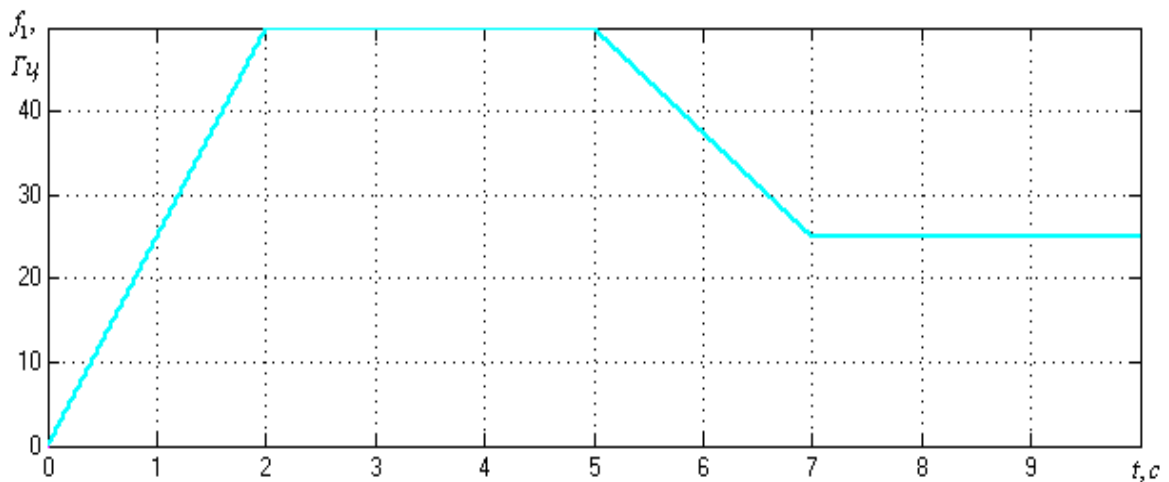


Рис. 7.5- Характеристики зміни амплітуди частоти ПЧ

Із одержаних графіків (рис 7.2, 7.3) видно що при зміні частоті з 50Гц до 25 Гц пропорційно змінюється напруга двигуна, а із графіків (рис 7.4 , 7.5) видно що кращім законом регулювання є закон  $U_1 / f_1^2 = const$  при цьому законі регулювання напруги на двигуні мінімальна що зменшує втрати енергії в двигуні, тобто покращує роботу електроприводу.

## Розділ .8 Економічна частина

У даному дипломному проекті виконується модернізація електропривода форпреса для соняшникової олії

Головний шлях до якісного зсуву у виробничих силах – перехід до якісного інтенсивного розвитку, для реалізації якого необхідна велика сила по створенню машин, механізмів і технологій по впровадженні в практику досягнень науки та техніки. При цьому особливого значення набувають: вибір найбільш надійних шляхів підвищення ефективності виробництва, якості продукції, принципи наукового обґрунтованого ціноутворення.

Постійно зростаючі тарифи на електричну енергію і законодавство, що посилюється, у сфері енергозбереження вимушують керівників підприємств шукати шляхи зниження енергоспоживання. У промисловості значна частина споживання електричної енергії доводиться на вентилятори, насосні, і компресорні установки, конвеєри, підйомні механізми, електроприводи технологічних установок і верстатів. Дані механізми найчастіше приводяться в дію асинхронними двигунами змінного струму. Найбільші світові виробники електротехнічного устаткування пропонують спеціалізовані пристрої для управління асинхронними двигунами, які, по завіреннях їх виробників, окрім всього іншого забезпечують економію електричної енергії до 50% (для форпресу). Називаються дані пристрої перетворювачами частоти, частотними перетворювачами інверторами або просто ПЧ.

Модернізація системи електроприводу форпресу виконується за рахунок заміни базової системи керування на систему з частотним перетворювачем, який приводить в рух асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. В порівнянні з базовою системою керування нова система володіє такими перевагами:

- збільшенням діапазону регулювання швидкості;
- зниженням зносостійкості;
- покращенням показників економії електроенергії;
- підвищенням ефективності та надійності системи;
- збільшенням строку служби;

- можливістю дистанційного керування;
- можливістю використання в умовах підвищеної радіації;

Таблиця 8.1 Порівняння роботи двигуна з ПЧ і без.

підвищення завадозахищеності. <b>Робота двигуна від мережі</b>	<b>Робота двигуна від ПЧ</b>
Можлива тільки одна швидкість або, при зміні полюсів двигуна, декілька фіксованих швидкостей обертання	Безступінчате регулювання швидкості двигуна
Неможливо управляти розгоном, час розгону залежить від характеристики двигуна і моменту навантаження	Керований розгін, час розгону регулюється
Неможливо управляти гальмуванням, час уповільнення залежить від відповідного тертя і моменту навантаження	Три способи зупинки:  1. Кероване уповільнення, час уповільнення регулюється (з гальмівним модулем)  2. Гальмування постійним струмом  3. Рух за інерцією (модуляція вимкнена)
Реверсування можливе тільки перестановкою фаз - додаткові витрати на комутаційне устаткування	Кероване реверсування завдяки електронному реверсуванню поля, що обертається, без додаткових витрат
Фіксований пусковий момент (визначається двигуном)	Регулювання пускового моменту U/f - характеристикою ПЧ

Високий пусковий струм	Обмеження пускового струму, струм залежить від розгону і моменту навантаження
Додаткові функції (наприклад, захист двигуна, плавний старт, гальмування постійним струмом) вимагають додаткових витрат	ПЧ виконує додаткові функції (реєстрація струму і напруги, функції, що управляють, і так далі)

Визначимо ефективність застосування нової системи керування електроприводу шляхом співставленням показників базового і нового варіантів.

При співставленні варіантів технічних рішень по впровадженню нових видів обладнання і технологічних процесів використовують метод порівняльної економічної ефективності. При цьому методі основними показниками є мінімум приведених затрат  $Z$ , який є сумою річних експлуатаційних затрат  $C$  і капітальних вкладень  $K$ , приведених до однієї розмірності в відповідальності з нормативним коефіцієнтом ефективності  $E_n$ .

Капітальні вкладення включають в себе всі одноразові витрати: відпускну ціну нової техніки, затрати на її транспортування, монтаж і наладку, затрати на демонтаж старого обладнання та інше.

$$Z = C + E_n K \quad (8.1)$$

де  $E_n = 0,08 \div 0,4$  (для нової техніки  $E_n = 0,2$ ).

Повні економічні витрати:

$$Z_e = Z_{en} + Z_{бр} + Z_{аб} + Z_{мб} , \quad (8.2)$$

де індекси **б** і **н** відносяться до базового і нового варіантів.

Термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{I}{Z_б - Z_н}, \quad (8.3)$$

де  $T_{ок}$  – строк окупності додаткових капітальних затрат.

### 8.1 Визначення величини затрат запропонованого варіанту

Кошторис на обладнання для базового і нового варіантів приведений в таблиці 8.2

Таблиця 8.2 – Визначення кошторису витрат для нового і старого варіантів

Найменування електрообладнання	N	Кошторисна вартість			
		Базова		Нова	
		за шт., грн	Всього, грн	за шт., грн	Всього, грн
Перетворювач частоти	1	-	-	2200	2200
Релейно-контакторна система		1200	1200	-	-
Двигун	1	5000	5000	5000	5000
Всього			6200	7200	7200
Транспортні витрати (13%)			806	936	936
Всього ціна обладнання			6200	7200	7200
Монтажні роботи (10%)			620	720	720
Капітальні вкладення всього			7626	8856	8856

## 8.2 Розрахунок основного фонду заробітної плати

Розрахуємо оплату праці по існуючому тарифу. Так як установка є установкою з напругою до 1000В, де напруга живлення  $U=0,4$  кВ, то згідно ПУЕ обслуговувати може дану установку 2 робітники, у яких розряд не нижче четвертого, а група допуску не нижче ніж третя по електробезпеці. Тарифна ставка 1-го розряду ТС1 складає 6,8 грн/год.

$$ТС4 = 1,27 \cdot ТС1 \quad (8.4)$$

$$ТС4 = 1,27 \cdot 6,8 = 8,63 \text{ (грн/год)}$$

Розраховуємо заробітну плату по існуючому тарифу:

$$З_m = ТС4 \cdot m = 8,636 \cdot 25 \cdot 8 = 1727,2 \text{ (грн.)},$$

де ТС4 – це тарифна ставка робітника IV розряду;

$m$  – кількість робочих днів в місяці.

Оплата праці за професійну та майстерну діяльність:

$$П_{пм} = \frac{З_t \cdot Н_{пм}}{100}, \quad (8.5)$$

де  $Н_{пм}$  – надбавка за професійну діяльність (для працівників з четвертим розрядом складає 10%).

$$П_{пм} = \frac{1727,2 \cdot 10}{100} = 172,72 \text{ (грн.)}.$$

Оплата праці за шкідливі умови праці:

$$П_{ун} = \frac{(З_m + П_{пм}) \cdot Н_{ун}}{100}, \quad (8.6)$$

$$П_{ун} = \frac{(1727,2 + 172,72) \cdot 17}{100} = 1756,56 \text{ (грн.)}.$$

де  $Н_{ун}$  - надбавка за умови праці, що для четвертого розряду складає 17%.

Всього постійна заробітна плата складає:

$$З_{пост} = З_t + П_{пм} + П_{ун}, \quad (8.7)$$

$$Z_{\text{пост}} = 1727,2 + 172,72 + 1756,56 = 3656,48 \text{ (грн.)}.$$

Оплата премій  $K = 15 - 20\%$ .

$$П_{\text{пр}} = \frac{Z_{\text{пост}} \cdot K}{100}, \quad (8.8)$$

$$П_{\text{пр}} = \frac{3656,48 \cdot 17}{100} = 621,60 \text{ (грн.)}.$$

Всього основна заробітна плата:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{пост}} + П_{\text{пр}}, \quad (8.9)$$

$$Z_{\text{осн}} = 3656,48 + 621,60 = 4278,08 \text{ (грн.)}.$$

Розрахуємо додаткову заробітну плату:

$$Z_{\text{дод}} = Z_{\text{пост}} \cdot 0,1, \quad (8.10)$$

$$Z_{\text{дод}} = 3656,48 \cdot 0,1 = 365,64 \text{ (грн.)}.$$

Знайдемо суму відрахування в фонд соціального страхування, що складає 37,18% від суми додаткової та основної заробітної плати.

$$Z_{\text{нф}} = 37,18 \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}) / 100, \quad (8.11)$$

$$Z_{\text{нф}} = 37,18 \cdot (4278,08 + 365,64) / 100 = 1726,53 \text{ (грн.)}.$$

Загальний фонд оплати праці за рік складає:

$$\Phi = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{нф}} + Z_{\text{фз}}) \cdot 2 \cdot 12, \quad (7.12)$$

$$\Phi = (4278,08 + 365,64 + 1726,53) \cdot 2 \cdot 12 = 152886 \text{ (грн.)}.$$

### 8.3 Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів

Величина капіталовкладень для базового і нового варіантів:

$$K_{\text{б}} = 7626 \text{ грн,}$$

$$K_{\text{н}} = 8856 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію при встановленні частотного перетворювача зменшуються на 20%:

$$Z_{\text{енб}} = P \cdot \Phi \cdot m_o \cdot K, \quad (8.13)$$

де  $P$  – потужність двигуна;

$\Phi$  – кількість робочих годин в день;

$m_0$  - кількість робочих днів у році;

$K$  – вартість електроенергії. 1,13 грн/кВт

Для привода скребкового транспортера:

$$Z_{енб} = 1,65 \cdot 16 \cdot 25 \cdot 1,13 = 745,8 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{енн} = Z_{енб} - 0,2 \cdot Z_{енб}, \quad (8.14)$$

$$Z_{енн} = 745,8 - 745,8 \cdot 0,2 = 596,74 \text{ (грн.)}$$

Для базової:

$$Z_{енб} = 745,8 \text{ (грн.)}$$

Для нової:

$$Z_{енн} = 596,74 \text{ (грн.)}$$

Витрати на поточний ремонт обладнання. При використанні ПЧ зменшуються пускові струми, втрати в кабелях, збільшується надійність всієї установки, тобто кількість поломок зменшується, а отже надійність системи електроприводу зростає. Заплановані витрати на поточний ремонт і обслуговування при базовому варіанті становлять 6%, а при новому 3%.

$$Z_{бр} = 0,05 \cdot K_{\sigma}, \quad (8.15)$$

$$Z_{бр} = 0,05 \cdot 4428 = 221,4 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{нр} = 0,03 \cdot K_n \quad (8.16)$$

$$Z_{нр} = 0,03 \cdot 8364 = 250,92 \text{ (грн.)}$$

Витрати на амортизаційні відрахування:

$$Z_a = \sum N_{ai} \cdot K_i. \quad (8.17)$$

де  $N_a$  - норма амортизаційних відрахувань. (0,2)

$$Z_{аб} = 0,2 \cdot 7626 = 1522,2 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{ан} = 0,2 \cdot 8856 = 1771,2 \text{ (грн.)}$$

Витрати на допоміжні матеріали для ремонту та обслуговування при базовому варіанті складають 20%, а при новому 10% від фонду оплати праці:

$$Z_m = 0,2 \cdot \Phi, \quad (8.18)$$

$$Z_{.мб} = 0,2 \cdot 152886 = 30577,2 \text{ (грн.)},$$

$$Z_{.мн} = 0,05 \cdot 152886 = 7644,3 \text{ (грн.)}.$$

Повні експлуатаційні витрати:

$$Z_e = Z_{ен} + Z_{бр} + Z_{аб} + Z_{мб}, \quad (8.19)$$

$$Z_{еб} = 745,8 + 221,4 + 885,6 + 30577,2 = 32430 \text{ (грн.)},$$

$$Z_{ен} = 596,78 + 250,92 + 1672,8 + 7644,3 = 10164,8 \text{ (грн.)}$$

#### 8.4 Розрахунок економічної ефективності

Розрахуємо річний економічний ефект за експлуатаційними витратами згідно формули (8.2):

$$Z_{эф} = 32430 - 10164,8 = 22265,2 \text{ (грн.)}.$$

Термін окупності згідно формули (9.3) потребує обсяг інвестицій  $I$ :

$$I = K_n + D \cdot K_б \quad (8.20)$$

де  $D$  – демонтаж обладнання, 10 % від капітальних вкладань;

$$I = 7626 + 0,1 \cdot 8856 = 8511,6 \text{ (грн.)};$$

$$T_{ок} = \frac{8511,6}{32430 - 10164,8} \angle 1 \text{ року}$$

Отже, модернізація для даного типу обладнання є економічно доцільною.

Малий термін окупності пояснюється зменшенням витрат на допоміжні матеріали.

## Висновок

Темою кваліфікаційної роботи є модернізація електроприводу форпреса. У якому із-за недостатньої точності регулювання частоти обертання шнека, і плавного регулювання частоти продуктивність пресу зменшується, і для зменшення втрат електроенергії модернізуємо, за рахунок установки перетворювача частоти. Ці заходи приведуть до підвищеної точності регулювання і можливості установки необхідної межі продуктивності.

По розрахованих кінематичних зусиллях була розрахована необхідна потужність електроприводу, підібраний асинхронний двигун і розрахована система електроприводу ПЧ-АД. Також за допомогою отриманих передатних функцій була складена імітаційна модель електроприводу. В результаті моделювання отримали динамічні характеристики приводу. Так само були розглянуті розділи економічної частини і охорони праці.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Теорія електроприводу: Підручник / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін. За ред. М.Г. Поповича. – К.: Вища шк., 1993. – 494 с.
2. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. Електричні машини: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Київ: Знання, 2009. — 400 с. — ISBN 978-966-346-644-6.
3. Півняк Г. Г. Електричні машини: навч. посіб. / Г. Г. Півняк та ін. – Д.: НГУ, 2003. – 328 с. – ISBN 966-8271-36-X.
4. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / О.П. Чорний, А.В. Луговой, Д.Й. Родькін, Г.Ю. Сисюк, О.В. Садовой. – Кременчук, 2001. – 410 с.
5. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.
6. Моделювання електромеханічних систем.  
Джерело:[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15658/1/Modelyuvannia\\_asunhronn\\_system.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15658/1/Modelyuvannia_asunhronn_system.pdf)
7. Рудницький В.Г. Внутрішньо цехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. 280 с.
8. Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання. Джерело: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11538/3/ciganov-montazh-elektroobl-lekc-2022.pdf>
9. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів СВО «Бакалавр» спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», галузі знань 14 – «Електрична інженерія» / Укладачі: П.І. Осадчук, В.Ф. Бабіч, А.А. Галіулін, Є.П. Штепа. – Одеса: ОНТУ, 2021. – 55 с.
10. Оськин С.В. Автоматизований електропривод: учбовий посібник

для студентів ВНЗ / С.В.Оськин -: Изд-во ООО «КРОН», 2013,- 489 с.

11. Шульга О.В. Методичні вказіки і завдання до виконання курсового проекту з дисципліни “Електропривід і автоматизація роботів і маніпуляторів” для студентів спеціальності 7.092203 “Електромеханічні системи автоматизації і електропривод” всіх форм навчання. – Полтава: Полтавський державний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 1999. – 24 с.

12. Правила безпечної роботи електроустановок. Харків, «Форт», 2003. – 250 с.