

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 22 слайди.

Об'єм пояснювальної записки складає 79 друкованих сторінок формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 30 рисунків та 8 таблиць з даними. Використано 25 літературних джерела.

Завданням на кваліфікаційну роботу була розробка автоматизованої системи управління технологічним процесом підготовки ріпакової олійної сировини для виробництва біопалива. Проведено аналіз технологічного процесу. Розроблено функціональну схему автоматизації. Виконано вибір технічних засобів автоматизації. Спроектвано систему візуалізації технологічного процесу. Здійснено розрахунок стійкості та надійності автоматизованої системи. Розроблено заходи із забезпечення охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Аналіз технологічного процесу виробництва ріпакової олії.....	9
1.1.1. Загальна характеристика ріпаку та олії	9
1.1.2. Загальна характеристика технологічного процесу.....	10
1.1.3. Сушіння.....	15
1.1.4. Обрушення олійного насіння та відділення ядра від оболонки.....	17
1.1.5. Подрібнення насіння і продуктів його переробки.....	21
1.1.6. Волого-теплова обробка м'ятки.....	22
1.1.7. Віджим олії	24
1.1.8. Екстракція.....	25
1.1.9. Очистка місцели.....	27
1.1.10. Відгін розчинника з місцели.....	29
1.1.11. Очищення від механічних домішок.....	31
1.2. Параметри для розрахунку.....	32
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	35
2.1. Визначення параметрів управління технологічним процесом.....	35
2.2. Визначення частини технологічного процесу для автоматизації	37
2.3. Аналіз напрямку автоматизації технологічного процесу виготовлення ріпакової олійної сировини	39
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	41
3.1. Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизованої системи керування	41

3.2.Вибір технічних засобів автоматизації.....	43
3.3.Вибір мікропроцесорних засобів автоматизації.....	55
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	57
4.1.Визначення передатної функції.....	57
4.2.Визначення стійкості системи згідно критерію Найквіста	62
4.3.Визначення стійкості за критерієм Михайлова	63
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	65
5.1.Розробка алгоритму керування технологічним процесом.....	65
5.2.Опис системи візуалізації проекту.....	67
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	71
6.1.Виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів при розробці проектованої системи	71
6.2.Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів.....	75
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78

ВСТУП

Постійне зростання вартості нафти потребує від суспільства використання альтернативних джерел енергії. До них, зокрема, відноситься пальне, що отримують з рослин – біодизель або біоетанол. В якості сировини для біодизельного пального використовують рослинну олію, що добувають з соняшника, ріпаку, сої та інших рослин. Біоетанол синтезують з буряка, кукурудзи, пшениці методом бродіння сировини.

Іншою причиною використання відновлюваних джерел енергії є те, що спалювання класичного органічного пального призводить до значних викидів в атмосферу двоокису вуглецю. Дані викиди спонукають виникнення парникового ефекту, що призводить до глобальних змін клімату на Землі.

З метою зменшення парникового ефекту прагнуть обмежити спалювання органічного пального. Одним з головних споживачем нафти є транспорт. У всьому світі автомобілі використовують майже половину загального об'єму нафтопродуктів. Для обмеження викидів в атмосферу було створено двигуни, котрі використовують поєднання дизельного пального з біопаливом.

В чистому виді як пальне, ріпакову олію не використовують, оскільки через вищу в'язкість (майже у 20 разів вищу за дизельне пальне) необхідне інше паливне обладнання. У якості палива застосовують складні ефіри ріпакової олії, що вводяться у кількості від 5-30% в дизельне пальне застосовуються самостійно. Під час переробки рослинної олії в біодизельне пальне отримують також додаткові продукти, котрі використовуються в промисловості (гліцерин, сульфат калію та інші).

Серед переваг використання біодизеля слід відмітити наступні:

- зменшення шкідливих викидів в атмосферу;
- відновлювані запаси сировини;
- отримують додаткові продукти під час виробництва біодизелю.

До недоліків слід віднести:

- висока вартість виробництва біодизелю в порівнянні за дизельне паливо;
- використання додаткових сільськогосподарських площ;
- вищі витрати пального та нижча потужність двигуна.

Таким чином, актуальними є наукові розробки, що ведуться у напрямку виробництва та впровадження біопалива.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз технологічного процесу виробництва ріпакової олії

1.1.1 Загальна характеристика ріпаку та олії

Ріпак являє собою рослину родини хрестоцвітих (рис. 1.1). Є два види ріпаку: ярий та озимий. Озимий ріпак висуває жорсткі умови до клімату, він має низьку морозостійкість; цей вид ріпаку вкрай чутливий до засухи або надмірного тепла взимку. Ярий ріпак менш врожайний та має нижчу продуктивність в олійності, однак він менш вимогливий до кліматичних умов.

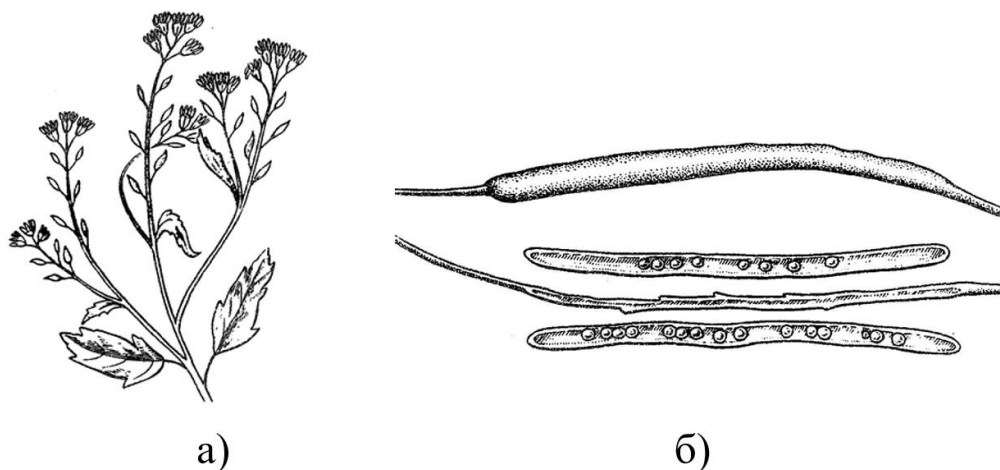


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд ріпаку

а) рослина; б) стручки з насінням

На сьогодні вдалося селекціонувати вид ріпаку, що значно кращий за технологічними характеристиками від старих видів. Це дало можливість підвищити рентабельність виробництва з нього олії. Через низьку концентрацію ерукової кислоти у складі олії, виробленої з цих видів ріпаку, останні отримали назву безерукові. Безерукові ріпаки володіють високою врожайністю (до 33 ц/га)

та олійністю (до 46%). Низький вміст ерукової кислоти в олії нових видів ріпака (до 5%) дав можливість використовувати ріпакову олію як харчову.

На сьогодні безерукові види ріпаку по об'єму виробництва насіння займають четверте місце у світі після виробництва та переробки сої, бавовни та соняшнику. У Україні значно збільшуються посівні площі для виробництва безерукового ріпаку вітчизняної та закордонної селекції.

В таблиці 1.1 показано хімічний склад безерукового ріпаку.

Таблиця 1.1. Хімічний склад безерукового ріпаку.

Речовини	Вміст, %
Ліпіди	40,3–46,2
Білки	25–26,3
Целюлоза	4,6–6,2
Неорганічні речовини	3,7–5,4

Рослинні олії являють собою складні суміші органічних речовин – ліпідів, що формуються з олійних рослин. В якості сировини для виробництва олій використовуються переважно насіння олійних рослин, в тому числі й ріпаку.

1.1.2 Загальна характеристика технологічного процесу

Існує два основних методи отримання рослинних олій: пресування (механічний віджим олії) та екстракція (розчинення олії в органічних розчинниках). Ці два методи отримання олій рослинного походження застосовуються самостійно, або в комбінації.

На сьогодні для виготовлення олії на початковому етапі застосовують метод пресування (отримують $\frac{3}{4}$ всієї олії), а на завершальному етапі застосовують екстракційний метод (отримують решту олії).

Механічне пресування олії здійснюють на пресах неперервної дії шнекового типу (форпреси, експелери). При підвищенні тиску частинки мезги щільно стискаються, при цьому віджимається олія, а пресований матеріал ущільнюється в монолітну масу (побічний продукт) – макуху. При цьому у макусі вміст олії становить 5-8% (від маси мезги).

По закінченні процесу екстракції формується розчин олії в розчиннику, котрий називають місцелою, та знежирений побічний продукт – шрот. Вміст олії в місцелі становить 13-21%. В шроті залишається близько 0,9-1,3% олії. В якості розчинників використовують бензин, ацетон, гексан та ін. З метою легкого виведення бензину з олії найкраще використовувати бензин з температурою кипіння в діапазоні 70-85°C.

Виробництво олії містить наступні стадії:

- очищення та сушіння насіння;
- відокремлення ядра насіння та його подрібнення;
- пропарка та жарка мезги;
- виділення олії (пресування та екстракція);
- очищення олії;
- фасування та зберігання.

Автоматизована лінія на початку містить комплекс обладнання, що призначене для очищення та сушіння насіння. До складу цього комплексу входять ваги, сепаратори, магнітні вловлювачі, витратні бункери та сушарки. Далі розміщене обладнання для відокремлення ядра насіння та його подрібнення (дисковий млин, п'ятывальцевий верстат та аспіраційна віялка).

Наступним є комплекс обладнання для пропарювання та прожарювання мезги, котрий містить шнекові або чанні жаровні.

На стадії виділення олії використовується комплексом обладнання, що містить шнековий прес та екстракційний апарат. Наступним є комплекс обладнання для очищення олії, до складу якого входять дистилятори,

сепаратори, відстійники, нейтралізатори, фільтр-преси та вакуум-сушильні апарати.

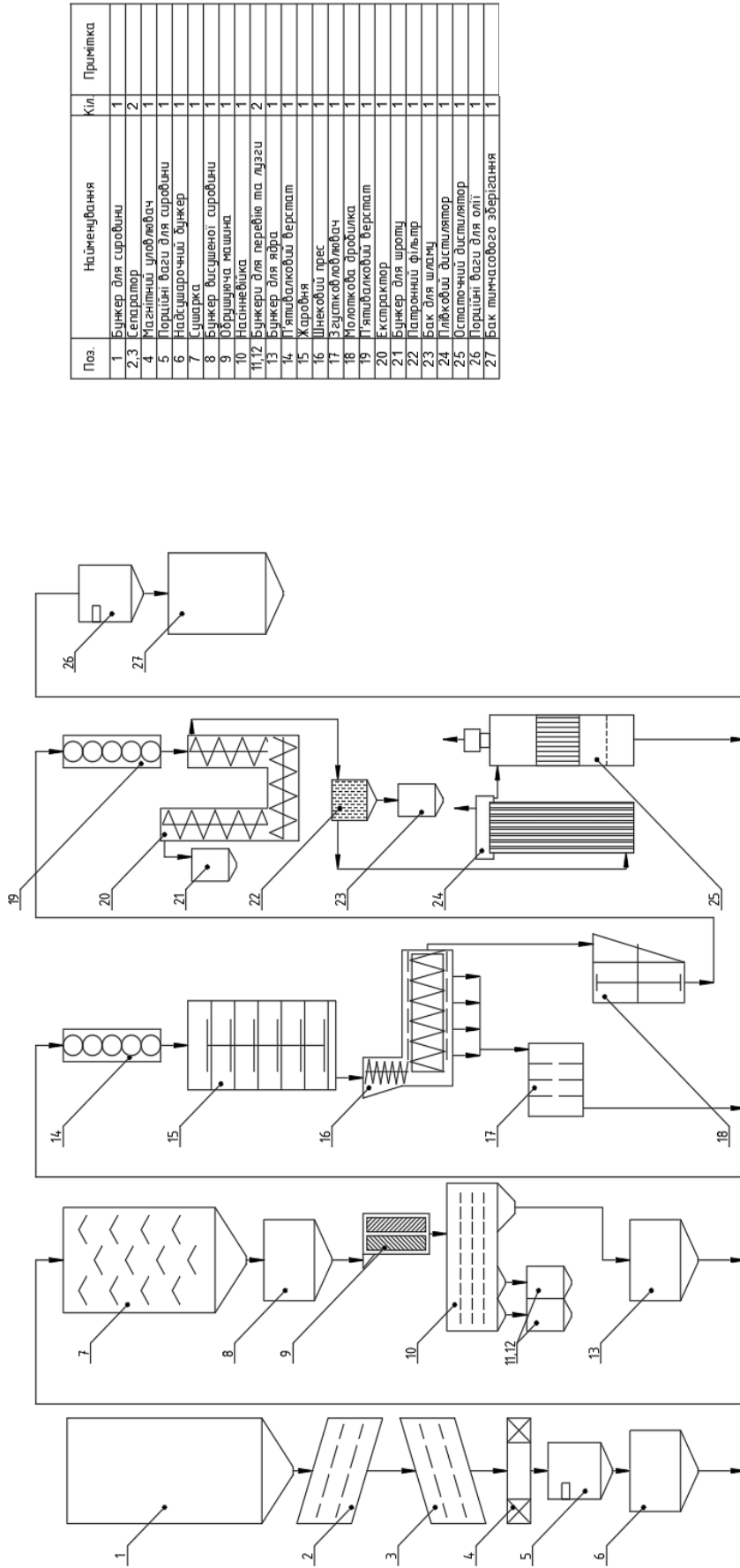
На завершальній стадії використовується комплекс обладнання, що складається з ваг та пакувальних машин. На рисунку 1.2 приведено технологічну схему лінії виробництва ріпакової олії.

З бункеру тимчасового зберігання 1 насіння ріпаку направляється для очищення від домішок на сепаратори 2 та 3, а далі на магнітний вловлювач 4. Додаткові матеріали рослинного походження, які відокремлюються на сепараторах, використовують як корм для тварин.

Очищене насіння зважується на порційних вагах 5 та направляється до надсушарочного бункеру 6. З витратного бункеру насіння порціями подається у шахтну сушарку 7, яка містить декілька зон. Під час теплової обробки вологість насіння знижується з 10-15% до 2-7%. Температура насіння під час сушки становить близько 50°C. Після процесу сушіння здійснюється охолодження насіння, при якому температура зменшується до 35°C. Оброблене таким чином насіння направляється у бункер для висушеної сировини 8.

На наступному етапі здійснюється відділення чистого ядра від оболонки. Виконання даного етапу виконується за допомогою двох незалежних операцій: лущення (обрушування) насіння та відокремлення чистого ядра від оболонки (вивіювання, сепарація). Насіння з проміжного бункера 8 направляється на дисковий млин 9, де здійснюється його лущення.

На виході з дискового млина отримується суміш, що містить різні за формою, розмірами та масою частинки – рушанка. В рушанці зустрічаються як цілі ядра так і їх фрагменти, а також різні за дисперсністю частинки оболонки. З метою відокремлення ядра від оболонки застосовують аспіраційні віялки, що являють собою повітряно-ситові сортувальні сепаратори. З повітряно-ситового сепаратора 10 ядро направляється в бункер для ядер 13, а всі інші частини надходять в бункери для перевию 11 та лузги 12 для відділення чистих ядер та уламків насіння.



Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Бункер для сировини	1	
2,3	Сепаратор	2	
4	Магнітний циблювач	1	
5	Порційні ваги для сировини	1	
6	Надшарочний бункер	1	
7	Цишарка	1	
8	Бункер висхідної сировини	1	
9	Фаршувальна машина	1	
10	Полоневійка	1	
11,12	Бункери для перебігу па м'язги	2	
13	Бункер для ядра	1	
14	Г'явдальковий верстат	1	
15	Жаробня	1	
16	Шнековий прес	1	
17	Згустковидробляч	1	
18	Молоткова дробилка	1	
19	Г'явдальковий верстат	1	
20	Екстрактор	1	
21	Бункер для шроту	1	
22	Патронний фільтр	1	
23	Бак для шлам	1	
24	Глибовий дистиллятор	1	
25	Остаточний дистиллятор	1	
26	Порційні ваги для олії	1	
27	Бак тмчасового зберігання	1	

Рисунок 1.2. Технологічна схема лінії виробництва рослинної (ріпакової) олії

З бункеру 13 ядро направляється на подрібнення на п'ятивальцевий верстат 14. Подрібнення може відбуватися за один або ж два проходи. В процесі подрібнення забезпечується руйнування структури ядер, що створює необхідні умови для оптимального виділення олії при наступних етапах пресування чи екстрагування.

Мезга, яка являється результатом подрібнення, з верстату 14 направляється у жаровню 15, в котрій, використовуючи теплову обробку, отримують оптимальні умови для легкого віджиму олії на пресах. При прожарюванні вологість мезги знижується до 5-7%, а температура збільшується до 105-110°C.

Після жаровні мезга надходить на шнековий прес 16, на виході якого отримують два продукти: олію, що має значну концентрацію частинок ядра, які далі відділяються у фільтр-пресі 17, та жом, що містить 6-6,5% олії, яку в подальшому відділяють з нього.

Таким чином, далі гранули жому подрібнюють в молотковій дробарці 18 та на вальцевому верстаті 19, а продукт подрібнення піддається екстрагуванню в екстракційному апараті 20. Екстракційний апарат складається з двох колон, що з'єднані між собою перемичкою. В колонах знаходяться шнеки, що виконують транспортування жому з однієї колони в іншу. В зворотному напрямку до руху жому пересувається екстрагуюча речовина.

За рахунок дифузії олія виходить з розірваних клітин жому, розчиняючись у екстрагуючій речовині. Суміш олії та екстрагуючої речовини виділяється з правої колони екстрактора 20 та направляється у патронний фільтр 22.

З лівої колони екстрагуючого апарату 20 і бункер для шроту 21 виводиться знежирений продукт (шрот). Після виділення з нього залишків екстрагуючої речовини шрот направляється для виробництва тваринного корму.

Очищений від твердих домішок розчин олії в екстрагуючій речовині – місцела – направляється на дистиляцію. В плівковому дистиляторі 24 місцелу підігрівають до 107-117°C, таким чином при нормальних умовах з неї частково виводять пари екстрагуючої речовини. В остаточному дистиляторі 25, що має

низький тиск, з місцели виводять залишки екстрагуючої речовини, а очищена олія направляється на порційні ваги 26.

Після зважування олія потрапляє у бак тимчасового зберігання 27, звідки може направлятися на фасувальні машини, відвантажуватись споживачам у нефасованому виді або подається на зберігання та наступну переробку згідно технологічних завдань.

1.1.3 Сушіння

На рисунку 1.2 приведена схема роботи сушарки шахтного типу, що використовує двоступінчатий режим роботи (рис.1.2).

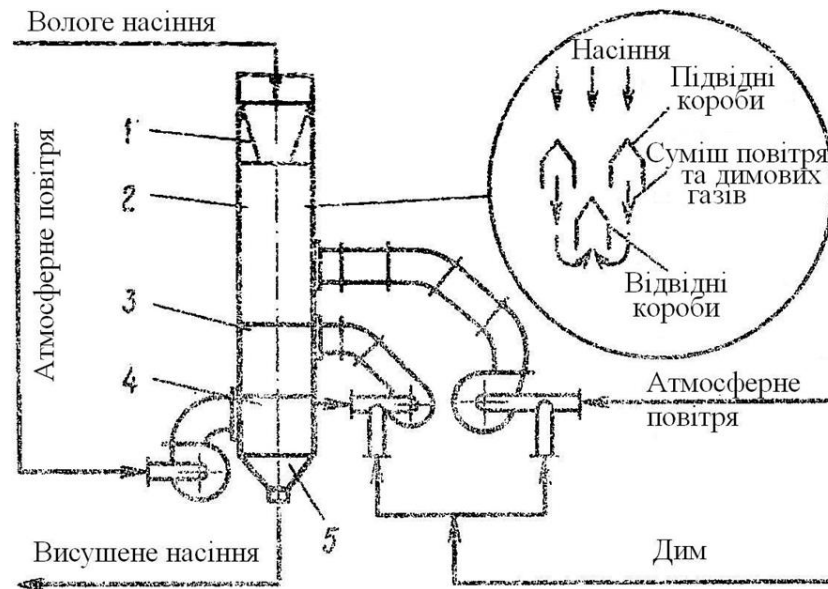


Рисунок 1.2 – Схема роботи сушарки шахтного типу:

1 – бункер; 2, 3 – сушильна камера; 4 – охолоджувальна камера;

5 – приймальний бункер для сухого насіння

Олійне насіння надходить з бункеру 1 в сушильну камеру 2. В сушильній камері, насіння, переміщуючись вниз за допомогою сили тяжіння, просякується сушильною речовиною невисокої температури. Далі воно потрапляє у сушильну камеру 3, де, за допомогою високотемпературної сушильної речовини

висушується. Зміна температури сушильної речовини забезпечується за допомогою регулювання швидкості подачі атмосферного повітря у вентилятори, що направляють димові гази в сушильні камери 2, 3. Висушене насіння направляється в охолоджувальну камеру 4, де на насіння впливає холодне атмосферне повітря. З охолоджуючої камери висушене насіння потрапляє в приймальний бункер 5.

Під час роботи сушарки охолоджувальна і сушильна камери наповнені насінням. Сушильна речовина (чи атмосферне повітря), надходячи в розподільники поступає в зону під коробами, в якій ніколи немає насіння. Використовуючи тиск, що нагнітається вентиляторами, сушильна речовина (чи атмосферне повітря) з цієї зони просякує насіння, що переміщується вниз під дією сили тяжіння, нагріває (або охолоджує) його, потім надходить в зону, що розташована вище ряду коробів, вихідні отвори яких відчинені в зворотний бік, і потрапляє в атмосферу.

Сушильна речовина видаляє вологу з нагрітого насіння. При переміщенні насіння повз охолоджувальну камеру також здійснюється часткове вилучення вологи, де аналогічно сушильній речовині насіння просякується атмосферним повітрям. Переміщення насіння з сушильної камери в охолоджувальну і вихід насіння з установки здійснюється через отвори, що містять дві горизонтальні рами: рухому нижню і нерухому верхню.

Регулювання виходом висушеного насіння здійснюється за допомогою переміщення рухомої нижньої рами, що контролюється автоматичним пристроєм.

На рисунку 1.3 приведена конструкція сушарки ДСП-32. При висушуванні насіння ріпаку на даній сушарці температура сушильної речовини в першій зоні сушки становить 120°C , в другій – 160°C . Температура висушеного насіння становить $45-55^{\circ}\text{C}$, після охолодження – до 5°C вище за температуру зовнішнього повітря. Процес сушіння триває 40 хв. при продуктивності сушарки 540 т/добу.

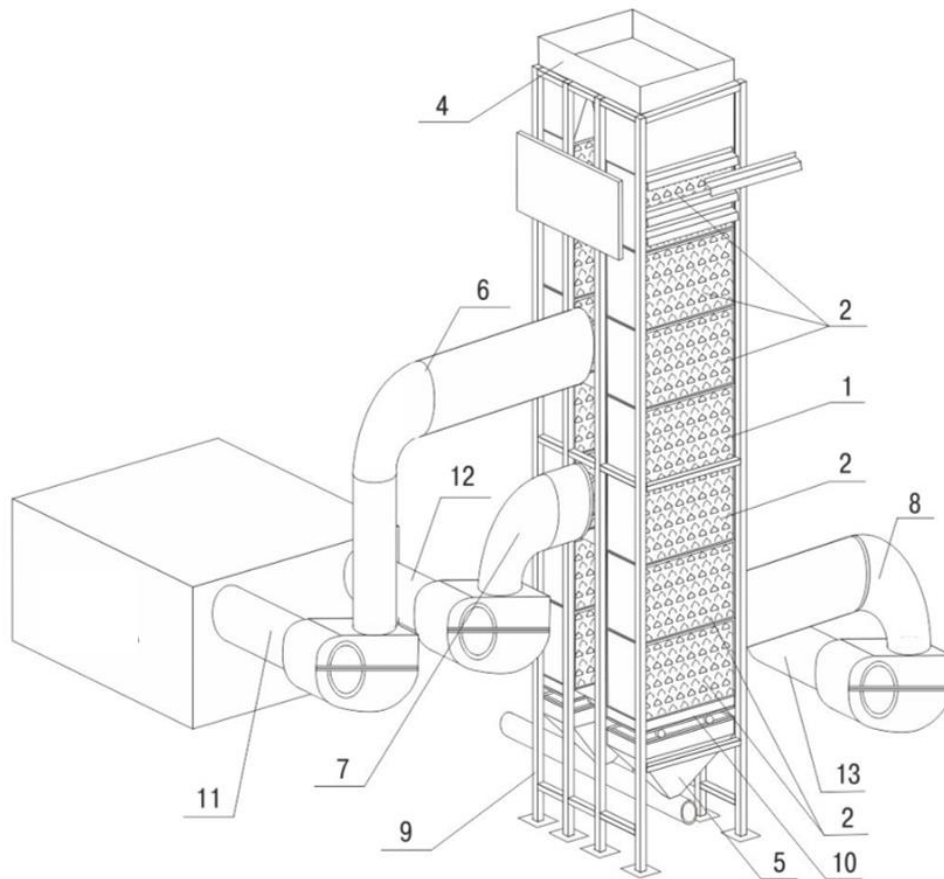


Рисунок 1.3 – Конструкція сушарки ДСП-32:

1 – зворотна секція; 2 – пряма секція; 3 – захисні піддашки; 4, 5 – надсушильна та підсушильна зони; 6, 7 – дифузори першої та другої сушильної зони; 8 – дифузор зони охолодження; 9 – каркас шахти; 10 – випускний затвор; 11, 12 – всмоктуючий повітропровід першої та другої сушильної зони; 13 – всмоктувальний патрубок зони охолодження.

1.1.4 Обрушення олійного насіння та відділення ядра від оболонки

На рисунку 1.4 приведена схема обрушуючої машини РЗ-МОС. Обрушення виконується за допомогою разового направленого удару повз довгу вісь насіння по деці.

Обрушуюче насіння безперервним потоком надходить на запобіжні ґрати 3. Далі воно розміщується тонким шаром на всій площині ґрат і переміщується крізь отвори в решітках. При цьому відфільтровуються більш габаритні за насіння домішки, що знаходяться в насіннєвій масі.

лушпиння ядра. Частина рушанки через патрубок 10 надходить на відвіювання – відокремлення ядра від лушпиння.

Промислові методи відокремлення ядра від лушпиння (відвіювання), в основному, базуються на різниці розмірів і аеродинамічних характеристик компонентів рушанки. Так, значно легке лушпиння, в порівнянні з ядром, має більшу парусність в потоці повітря. Таким чином, в повітряному потоці можна чітко розділити лушпиння і ядра одного розміру.

На рисунку 1.5 приведена схема роботи аспіраційної камери насінневої машини Р1-МСТ.

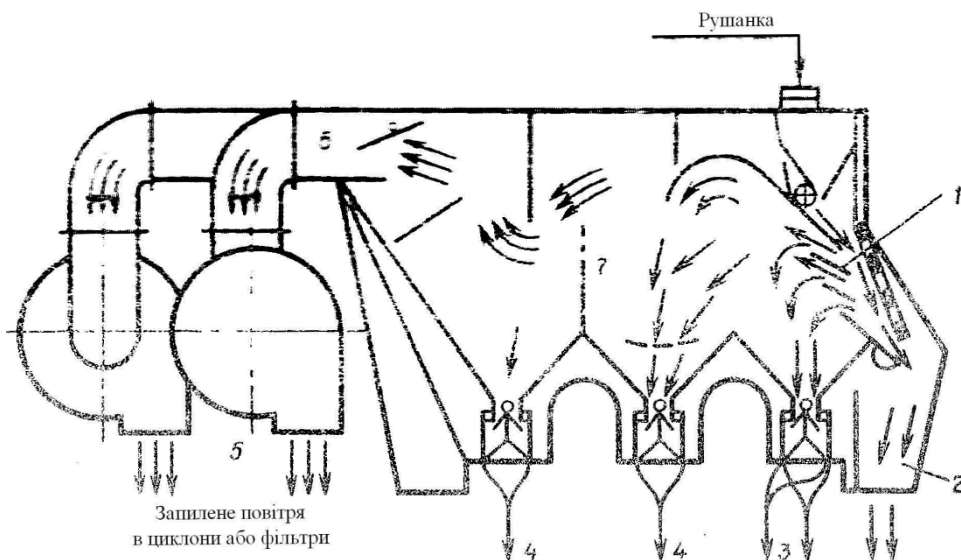


Рисунок 1.5 –Схема роботи аспіраційної камери насінневої машини Р1-МСТ

1 – поличка (жалюзі); 2 – канал для ядра; 3 – кишень для перевію; 4 – кишень для лушпиння; 5 – блок вентиляторів; 6 – шибер для регулювання швидкості повітряних потоків в каналах; 7 – перегородка

У аспіраційній камері цієї машини розміщено п'ять повітряних каналів, в які, використовуючи направляючий валик, потрапляють різні фракції рушанки. Канал умовно розділяють на три ділянки: приймальну, осадову і випускную.

У прийнятній ділянці ступінчасто розміщено чотири полицки з листової сталі товщиною. Для переміщення повітря, що нагнітається вентиляторами з приміщення цеху, між полицками зроблені щілини.

Рушанка надходить на верхню полицку, а далі переміщується з полицки на полицку за рахунок дії сили тяжіння. Потік повітря, який просякує рушанку, відділяє від неї легші частинки (лушпиння). Таким чином, з самої нижньої полицки виводиться чисте від лушпиння ядро.

Регулюючи кут нахилу полицок можна виконувати управління роботою віялки: чим більший кут нахилу полицок, тим з більшою швидкістю рушанка переміщується по них, відповідно зменшується час обробки повітрям, а отже менше лушпиння відбирається з рушанки.

Осадова ділянка аспіраційного каналу виконана у виді трьох конусів з клапанами для виведення з них продуктів і вертикальними перетинками для зміни напрямку переміщення частинок лушпиння під дією потоку повітря.

Потік повітря в кожному каналі формується окремим вентилятором. Для управління швидкістю потоку повітря в кожному каналі встановлений шибер, яким можна здійснювати управління.

Повітря, що виводить лушпиння, після переміщення між полицками надходить в розширену частину каналу над першим конусом. При цьому зменшується швидкість повітря, і тому в першому конусі, за рахунок різних аеродинамічних характеристик, осідає перевій – велике лушпиння та ядро, яке частково переноситься повітрям разом з лушпинням. Як правило, концентрація ядра в першому конусі не перевищує 1-2%. Перевій, що осідає в першому конусі, направляється на повторне розділення.

Лушпиння та частинки ядер, що не залишились в першому конусі, повітрям переносяться далі і переміщуються між вертикальними перетинками над другим і третім конусами. Вдаряючись об них, лушпиння зменшує швидкість руху і осідає. Зменшення швидкості руху лушпиння здійснюється також через збільшення величини перерізу каналу над конусами, таким чином в другому і

третьому конусах залишається лушпиння. Повітря, з вмістом дуже дрібного лушпиння і дрібних частинок ядра, через вентилятори надходить в нагнітальні фільтри або циклони.

Змінюючи висоту регулюючих клапанів і внутрішніх перетинок, а також кут нахилу полицок встановлюють більше або менше відкриття шибера, і, таким чином управляють швидкістю потоку повітря в каналах. Метою управління швидкістю потоку повітря є досягнення того, щоб в другому і третьому конусах всіх ділянок в лушпинні не знаходилось ядра.

Осад з повітроочисних пристроїв, що виводиться вентилятором з аспіраційної камери, в залежності від вмісту (олійний пил або дрібне лушпиння) направляється до ядер або лушпиння.

1.1.5 Подрібнення насіння і продуктів його переробки

Для виведення олії з насіння або ядра потрібно зруйнувати клітинну будову його тканин. Олієвмісна частина клітини навколо оточена клітинними перегородками, які значно ускладнюють технологічні операції, що необхідні для оптимального відбору олії з насіння. Таким чином, перед знежиренням потрібно здійснити подрібнення ядра насіння для розтину клітинних стінок.

Основною задачею етапу подрібнення є перетворення олії, що знаходиться в клітинах насіння, у стан, який придатний для наступних технологічних операцій.

На рисунку 1.6 приведено будову п'ятивалкового верстата типу ВС-5. Робочими елементами даного верстату є п'ять валків, що розміщені вертикально один над одним. Верхній валок, а часто два верхніх валки рифлені, нижні – гладкі.

Валки знаходяться один над одним, за рахунок цього між ними формується сталий тиск, що дорівнює загальній масі верхніх валків (маса одного валка 800 кг).

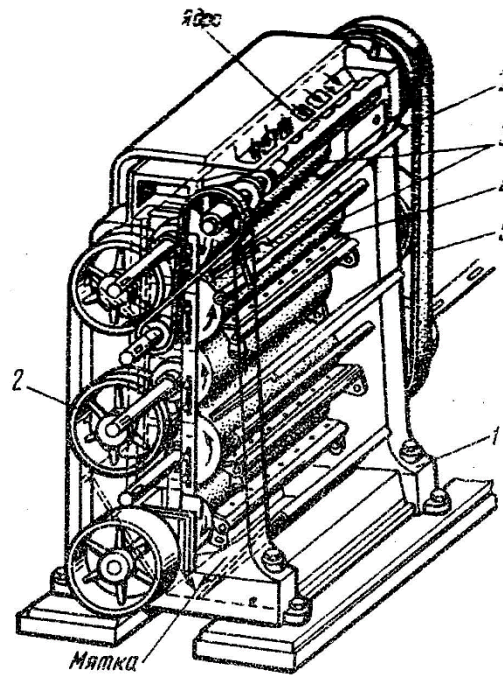


Рисунок 1.6 – П'ятивалковий верстат ВС-5:

1 – станина; 2 – щити; 3 – робочі валки; 4 – ножі; 5 – привід

Подрібнюване ядро насіння надходить на щит, що переміщує його до входу між двома верхніми валками. Далі після виходу з другого валка подрібнювана речовина використовуючи наступного щит направляється до входу між наступними двома валками.

Для максимального подрібнення потрібно здійснити чотири проходи. Обертювий рух передається від нижнього п'ятого валка третьому і першому, при цьому другий і четвертий валки є рухомими, обертаються внаслідок щеплення з непарними валками. Відстань між валками регулюється і залежить від об'єму подрібнюваної речовини.

1.1.6 Волого-теплова обробка м'ятки

Виробничий процес волого-теплової обробки включає два етапи.

Перший етап полягає у зволоженні м'ятки із подальшим її підігрівом. Він виконується в машинах для попередньої волого-теплової обробки м'ятки —

інактиваторах або пропарювально-зволожувальних шнеках. Короткотривалий підігрів м'ятки до температури 82-84°C з послідуочим зволоженням використовується для рівномірного розподілу вологи по всьому об'ємі м'якоті, а також з метою зниження активності ферментів насіння.

Другий етап полягає у просушуванні та підігріві зволоженої м'ятки. Він виконується в жаровнях. Для максимальної продуктивності шнекового преса потрібно встановити вологість мезги на певному рівні, який дозволяє оптимізувати фізико-механічні характеристики.

На рисунку 1.7 приведена конструкція жаровні Ж-68. Дана жаровня містить шість чанів, які розміщені один під іншим. В кожному чані розміщені ножі-мішалки, які прикріплені до спільного валу, що розміщений вертикально.

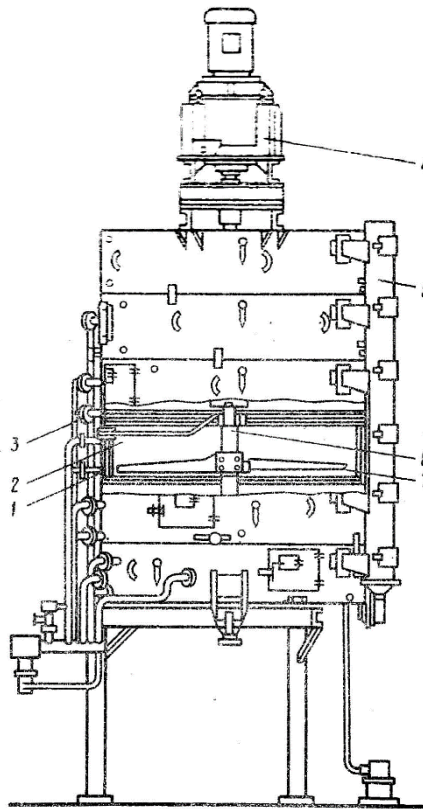


Рисунок 1.7 – Схема жаровні Ж-68:

1 – захист корпусу чана; 2 – чан; 3 – дно чана; 4 – привід жаровні чана;

5 – аспірація чанів; 6 – вал жаровні чана; 7 –ніж-мішалка

Для просування мезги між чанами використовують клапани, до яких прилаштований щиток з тягарем, що відображає значення рівня мезги в чані. Оскільки в меззі не повинні проходити окислювальні процеси, то циркуляція повітря в чані є неприпустимою. Тому простір чана, що не заповнений мезгою повинен містити насичену водяну пару.

1.1.7 Віджим олії

На рисунку 1.8 приведено конструкцію шнекового пресу. Конструкція даного пресу виконана у вигляді шнекового валу, що складається з ряду гвинтових ланок та ступінчастого циліндра, в каркасі якого розміщені металеві стінки між якими є невеликі щілини для відбору відпресованої олії.

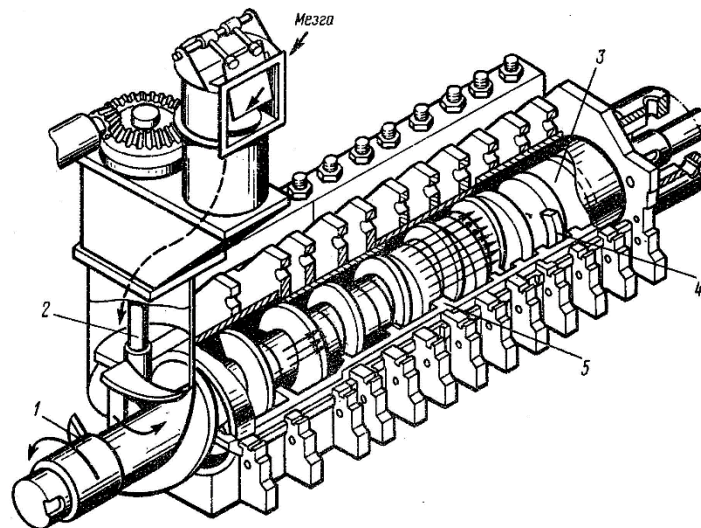


Рисунок 1.8 – Конструкція шнекового преса:

- 1 – шнековий вал; 2 – живильник; 3 – зєрний циліндр; 4 – шнековий виток валу преса; 5 – ніж зєрного циліндра

Мезга надходить через живильник всередину роз'ємного ступінчастого циліндра (зєра), підхоплюється там витками шнекового валу і просувається до виводу з преса. В шнековому пресі відбувається постійне зниження продуктивності шнекового валу від позиції потрапляння мезги в прес і до її

виводу з пресу. Це здійснюється за рахунок зменшення кроку витків шнекового валу, а також зміною об'єму навколо шнекового валу та поверхнею ступінчастого циліндра. Отже, пресований матеріал, що надходить всередину преса, на початковому етапі ущільнюється, а далі стискатися тим більше, чим далі проходить він вздовж осі шнекового валу.

Таким чином, віджимання масла в шнековому пресі здійснюється за рахунок безперервного її стиснення вздовж напряму проходження мезги і постійного ущільнення вільного простору всередині ступінчастого циліндра для просування мезги повз прес.

Температура під час пресування значно впливає на продуктивність віджимання масла і роботу преса. Температура мезги під час пресування підвищується на 15-30°C. Тому, у випадку запуску шнекового преса після тривалого простою мезгу подають в прес спочатку в невеликих дозах до повного розігріву преса і отриманням теплової рівноваги між теплом, яке надходить з мезгою і формується в процесі віджимання (за рахунок перетворень механічної енергії пресування в теплову енергію при терті частинок мезги), і теплом, що надходить з преса разом з маслом і жомом.

Максимальний тиск, що формується шнековими пресами становить 25-30МПа. Ступінь стиснення мезги (відношення об'єму мезги на вході та виході пресу) становить 2,8-4,4.

1.1.8 Екстракція

Методом пресування неможливо досягти повного знежирення матеріалу, так як на поверхні жому завжди залишаються тонкі шари масла, що притягуються значними поверхневими силами.

Поверхневі сили, що притягують молекули олії в поверхневих шарах, набагато перевищують тиск, що формується сучасними пресами. Практично єдиним методом, який дозволяє здійснити повне виділення олії, є екстракційний

метод, при якому сили, що перетворюють олію в розчин, значно більші за сили, що втримують масло в екстрагованому матеріалі.

Як розчинники для відокремлення олії з рослинної сировини використовують екстракційний бензин марки А і нефрас з максимальною температурою кипіння в діапазоні 63-75°C.

Бензин марки А і нефрас хімічно інертні і не створюють корозії обладнання, проте вони пожежо- і вибухонебезпечні, тому робота екстракційних цехів чітко регламентована протипожежними нормами і правилами. Окрім цього, пари цих речовин токсичні, тому робота з даними розчинниками потребує дотримання відповідних санітарних норм.

Екстракція зануренням. Олія з рослинної речовини відділяється під час постійного проходження цієї речовини через потік розчинника, що надходить в зворотному напрямку. При цьому розчинник та олієвмісний матеріал постійно переміщуються один відносно одного.

На рисунку 1.9 показано конструкцію вертикального шнекового екстрактора НД-1250, що працює по методу занурення. Конструкція екстрактора містить завантажувальну колону з декантатором, горизонтальний шнек та екстракційну колону. В корпусі екстрактора використовуються перфоровані робочі шнеки, які через редуктори від електродвигуна забезпечуються обертовим рухом. У верхній зоні шнекового валу колони вмонтований механізм для відведення шроту. Декантатор застосовується для фільтрування місцели через шар екстрагованої речовини, а також її відстоювання. Розчинник подається через форсунки у верхній частині екстракційної колони.

На дні екстракційної колони міститься донний фільтр для аварійного відводу місцели з екстрактора.

У завантажувальній колоні можливе монтування форсунок для водяного розмиву запресованого олієвмісного матеріалу розчинником, що надходить в колону під високим тиском.

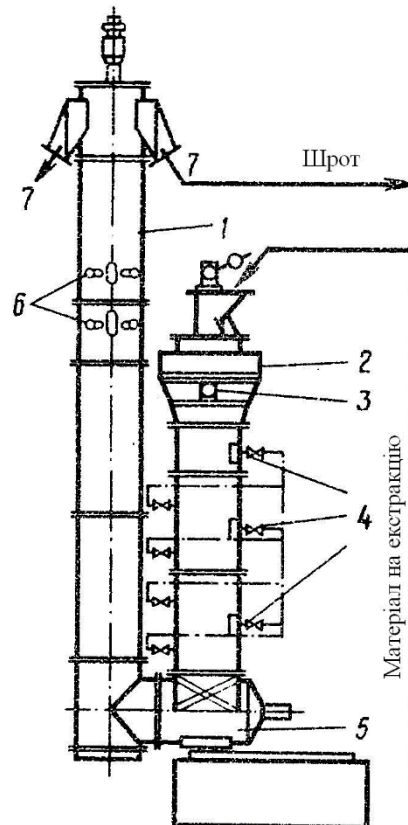


Рисунок 1.9 – Конструкція шнекового екстрактора НД-1250:

1 – екстракційна колона; 2 – завантажувальна колона з декантатором; 3 – патрубок для відводу міццели; 4 – розмивочна система; 5 – передавальний шнек; 6 – форсунки для введення розчинника; 7 – патрубок для виходу шроту

1.1.9 Очистка міццели

Концентрація твердих частинок в міццелі сягає 0,8-1% від маси. Для оптимальної роботи обладнання екстракційного цеху по переробці міццели необхідно, щоб вмісті твердих домішок в міццелі становив менше 0,2%.

Тверді домішки міццели погано впливають на її обробку. Тверді частинки при відводі розчинника з міццели збільшують відстій в олії, формуючи нагар на нагрітих поверхнях обладнання для відгону розчинника, знижуючи теплопередачу в пристроях і погіршують якість екстракційної олії. В процесі рафінування міццели домішки також є небажаними, тому потрібно проводити їх фільтрацію.

На рисунку 1.10 приведена конструкція патронного фільтру, що являє собою конічним резервуар, всередині якого є 25 металевих патронів вкритих фільтр-тканиною. Зверху патрони з'єднані з колектором для відділення чистої місцели. Нефільтрована місцела надходить в об'єм між патронами, далі фільтрується крізь тканину, надходить всередину патрона і підноситься в колектор.

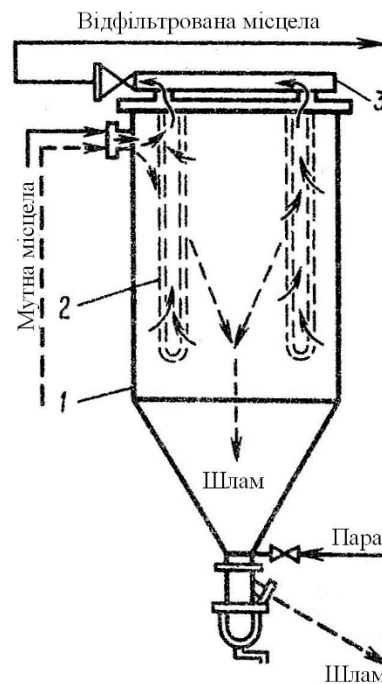


Рисунок 1.10 – Конструкція патронного фільтру:

1 – корпус фільтру; 2 – патрон з фільтр-тканиною; 3 – колектор для чистої місцели

Для відводу осаду з патронів зупиняють подачу місцели в патронний фільтр і повз колектор подають потік повітря в зворотному до руху фільтрованої місцели напрямі. При цьому шар шламу обламається і потрапляє в конусну частину фільтру. Звідси шлам надходить в екстрактор.

1.1.10 Відгін розчинника з місцели

Двоступінчаста дистиляційна машина НД-1250 містить плівковий та остаточний дистилятори.

На рисунку 1.11 показана конструкція плівкового дистилятора, що містить сепаратор та трубчасту зону. Місцела при температурі 72-74°C, насосом передається в нижню частину трубчатої зони.

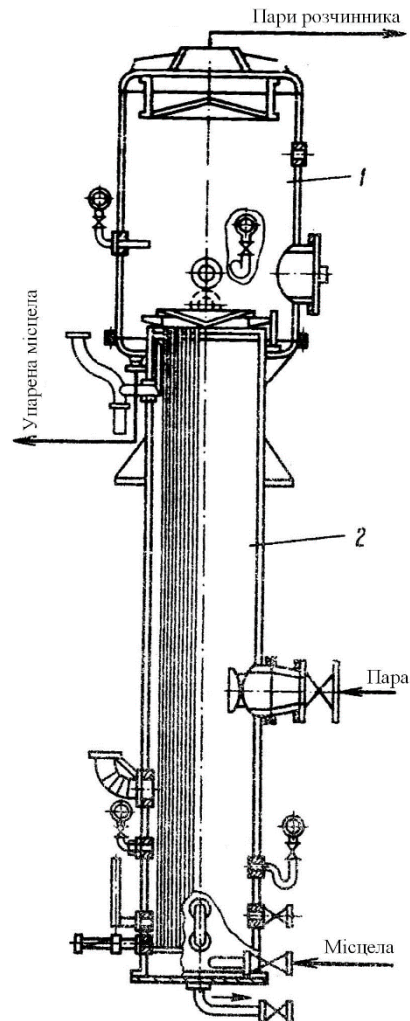


Рисунок 1.11 – Конструкція плівкового дистилятора

1 – сепаратор; 2 – трубчаста зона

Переміщуючись трубами, між якими подається перегріта пара, місцела закипає. Під час кипіння місцели формується значна кількість пари розчинника, яка піднімає її вгору, вкриваючи плівкою внутрішню поверхню гарячих труб.

Оскільки висота плівки мала, то з неї швидко виводиться розчинник. Місцела та пари розчинника поступає на сепаратор. Далі місцела надходить на кінцеву дистиляцію.

Важливо, щоб місцела надходила до плівкового дистилятора при температурі кипіння. З цією метою, місцела переміщається через теплообмінник.

На рисунку 1.12 показана конструкція кінцевого дистилятора, в якому здійснюється нанесення місцели під вакуумом.

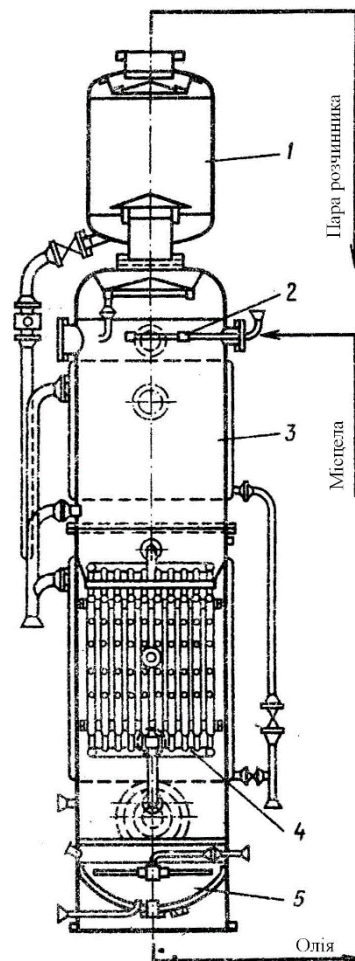


Рисунок 1.12 – Конструкція кінцевого дистилятора

1 – каплевловлювач; 2 – форсунки для місцели; 3 – розпилювальна камера;

4 – плівкова камера; 5 – камера дезодорації

В верхній частині дистилятора місцела через у форсунку розповсюджується під вакуумом, що сприяє збільшенню поверхні випаровування. Краплі місцели

поступають на вертикальні пластини і сповзають по них вниз, звільняючись від розчинника завдяки водяній парі.

1.1.11 Очищення від механічних домішок

При віджимі олії на шнекових пресах поряд із олією через зерні хахори барабану преса виходить більше 5% дрібних частинок мезги.

На рисунку 1.13 показана конструкція подвійного згустковловлювача, що являє собою ємкість з двох ізольованих об'ємів місткістю по 2 м³.

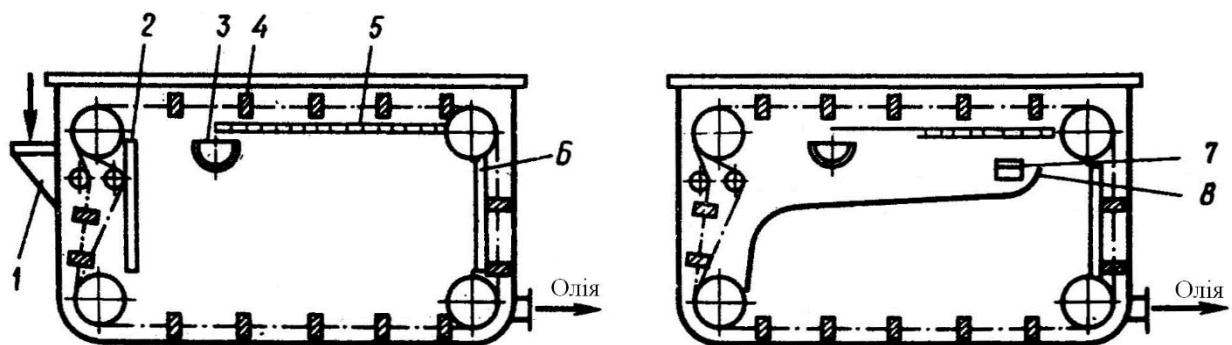


Рисунок 1.13 – Подвійний згустковловлювач:

а – відсік попереднього відстоювання: 1 – кишеня для входу олії; 2 – перегородка; 3 – шнек для осаду; 4 – скребковий транспортер; 5 – сітчаста поверхня; 6 – перегородка; б – відсік остаточного відстоювання: 7 – щілина для переходу олії з попереднього в остаточний відсік; 8 – лоток

Олія з механічними домішками (до 10 %) надходить в перший відсік для відстоювання. Тут механічна суспензія захоплюється з дна шкребками, що прикріплені до рухомого ланцюга. Далі вона надходить на перфоровану поверхню, де здійснюється стікання олії, а потім відводиться шнеком зі згустковловлювачів.

Після цього, олія через щілину переміщається в другий відсік, де здійснюється додаткове її відстоювання. В другому відсіці операція

повторюється, і осад після виходу з нього основної частини олії потрапляє в той же шнек, що відводить його зі згустковловлювачів.

1.2 Параметри для розрахунку

Враховуючи викладені вище відомості про технологію виготовлення олії визначаємо в якості об'єкта автоматизації лінію з віджиму ріпакової олії, характеристики якої наведені в таблиці 1.2.

При проектуванні автоматизованої системи слід враховувати те, що вона повинна виконувати наступні функції:

- автоматизоване управління параметрами технологічного процесу;
- керування часовими інтервалами технологічного процесу;
- моніторинг часу проходження технологічного процесу;
- моніторинг продуктивності обладнання та запасів сировини в реальному часі;
- управління температурними режимами сировини та обладнання;
- контроль запасів сировини та технологічних матеріалів;
- моніторинг технологічного процесу на виробничій лінії;
- можливість ручного керування в критичних випадках;
- архівування значень змінних технологічного процесу;
- індикація аварійних та технологічних повідомлень;
- розділення рівнів доступу користувачів;
- автоматичне формування та друк звітів.

Автоматизовану систему управління технологічним процесом виготовлення ріпакової олійної сировини будемо розробляти з дотриманням вказаного переліку вимог, враховуючи наявне технологічне обладнання та забезпечуючи його функціонування в автоматичному режимі на основі заданих параметрів. З

цією метод будуть застосовані сучасні апаратні та програмні засоби автоматизації.

Таблиця 1.2 – Параметри технологічного процесу виготовлення ріпакової олії

Назва параметру	Значення
Тип сировини	насіння ріпаку
Спосіб отримання олії	комбінований
Температура сушильного агента сушарки (1 ступінь)	120±5°C
Температура сушильного агента сушарки (2 ступінь)	160±5°C
Тиск сушильного агента	0,6±0,02 МПа
Тип сушильного агента	димові гази
Температура сушки насіння	50±5°C
Температура охолодженого насіння	30±2°C
Тривалість сушки	40±5 хв.
Швидкість обертання ротора обрушуючої машини	2250±150 об/хв.
Температура волого-теплової обробки м'ятки в жаровні	80-105°C
Тиск пару	0,6±0,02 МПа
Температура пару	220±10°C
Тиск в шнековому пресі	25-30 МПа
Температура пресування	135±5°C
Тривалість пресування	78-225 с

Продовження таблиці 2.1

Тип розчинника для екстракції	бензин марки А
Витрата розчинника	11-12 м ³ /год
Тиск в патронному фільтрі	0,18-0,2 МПа
Температура місцели на вході плівкового дистилятора	70-75°C
Температура пари в дистиляторі	220±10°C
Тиск пари на вході дистилятора	0,3±0,01 МПа
Температура місцели на виході плівкового дистилятора	95-100°C
Температура місцели на виході остаточного дистилятора	100-110°C
Розміри приймального бункера та бункера для жому (висота/діаметр)	5±0,05 / 2±0,03 м
Розміри проміжних бункерів	2±0,03 / 1,5±0,02 м
Розміри баку тимчасового зберігання	3,5±0,05 / 2±0,03 м
Максимальна вантажопідйомність ваг	300 кг

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення параметрів управління технологічним процесом

Структура системи регулювання і параметри регуляторів характеризуються властивостями технологічного процесу як об'єкту керування.

Технологічний процес визначається змінними параметрами, які характеризують стан процесу. Під час управління технологічним процесом величини цих параметрів необхідно підтримувати незмінними або змінювати в потрібному діапазоні. Точність стабілізації змінних стану технологічного процесу залежить від вимог, які описуються регламентом і характеристик системи управління. Дані величини вимірюються або безпосередньо або ж розраховуються відносно інших відомих характеристик технологічного процесу:

- змінні, через які можна впливати на об'єкт з метою управління ним. Ці змінні відносяться до регульованих величин.
- змінні, відхилення яких не впливає на дію системи управління. Вони характеризують вплив на об'єкт керування зовнішніх умов, змінюючи властивості самого об'єкта.

На рисунку 2.1 показано інформаційну модель технологічного процесу виготовлення ріпакової олійної сировини. Тут технологічний процес представлено у вигляді “чорної скриньки”, яка характеризується вхідними та вихідними параметрами системи, а також збурюючими факторами.

До вхідних параметрів технологічного процесу відносяться наступні:

- якість сировини (S);
- кількість поставки сировини (V);
- температурні режими кожного етапу виробництва ріпакової олійної сировини (T°_j).

У якості вихідних параметрів технологічного процесу будуть наступні:

- продуктивність лінії з виробництва ріпакової олійної сировини (P);
- об'єм випуску продукції відносно використаної сировини (F);
- підсумкові якісні показники кінцевого продукту (Q_k).

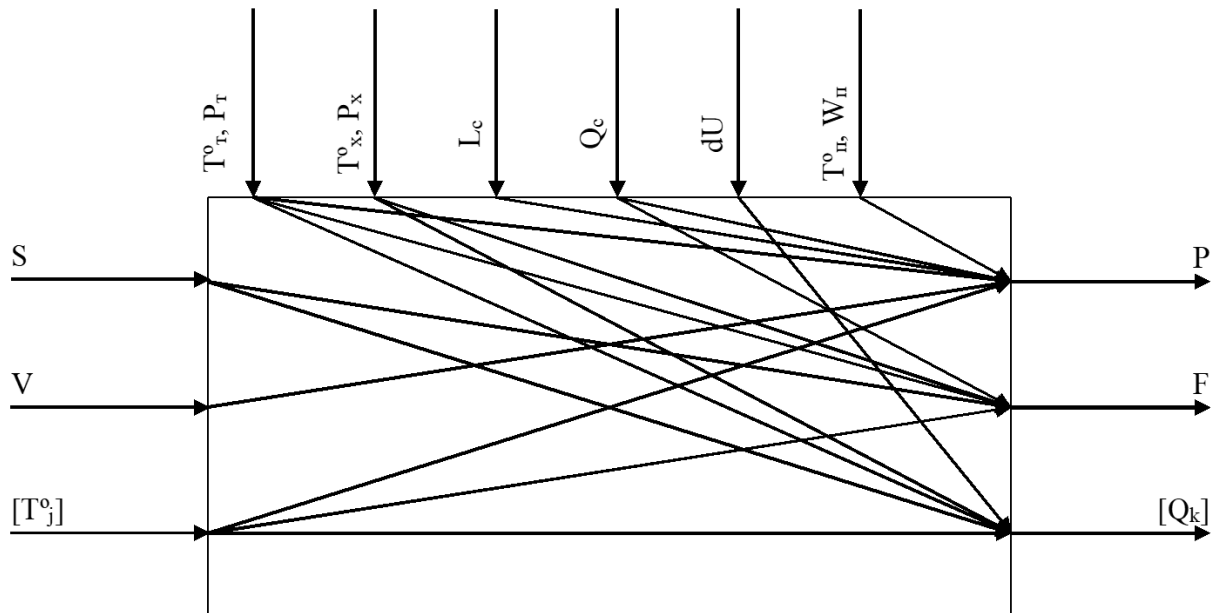


Рисунок 2.1 – Інформаційна модель технологічного процесу виготовлення ріпакової олійної сировини

На управління технологічним процесом виробництва ріпакової олійної сировини важливий вплив чинять внутрішні і зовнішні збурення. До них слід віднести наступні:

- температура теплоносія в магістралі тепlopостачання (T°_T);
- температура холодоагенту в магістралі охолодження (T°_X);
- тиск теплоносія в магістралі тепlopостачання (P°_T);
- тиск холодоагенту в магістралі охолодження (P°_X);
- рівень наповнення ємності сировини (L_c);
- якість сировини (Q_c);
- коливання напруги в електромережі (dU);

- температура навколишнього середовища ($T_{\text{п}}$);
- вологість навколишнього середовища ($W_{\text{п}}$).

На етапі проектування автоматизованої системи виникає ще один додатковий збурюючий чинник – помилки та неточності управління автоматизованою системою керування. До них відносять некоректну роботу програмного забезпечення (операційної системи, прикладних програм), технічних засобів автоматизації (технічні несправності виконавчих механізмів, датчиків, мікропроцесорної техніки), а також “людський фактор”, який характеризується тим, що деякі етапи управління виконуються людиною, а тому мають вплив від наслідків її психоемоційного та фізіологічного стану.

Управління технологічним процесом виробництва ріпакової олійної сировини складається з перевірки рівня сировини в тарі для сировини, вимірювання температури та тиску у трубопроводах холодоагенту та теплоносія, а також температур на різних етапах технологічного процесу, надходження сировини до технологічного обладнання в потрібний час і в потрібній кількості. Також виконується управління поетапний запуском та зупинкою технологічного обладнання для виключення холостих ходів та остатку сировини в пристроях технологічної лінії.

2.2. Визначення частини технологічного процесу для автоматизації

Згідно завдання в кваліфікаційній роботі буде здійснено автоматизацію технологічного процесу виробництва ріпакової олійної сировини з метою наступної її переробки на біопаливо. Внаслідок впровадження автоматизованої системи управління буде здійснено підтримку потрібних режимів перебігу технологічного процесу завдяки виконанню безперервного контролю в реальному часі значень технологічних параметрів та формування управляючих сигналів для управління технологічним процесом.

Спочатку необхідно здійснити перевірку вихідних характеристик технологічних матеріалів (температуру та тиск гарячого пару, димових газів, тиск у системі подачі розчинника та напірній пневмосистемі), а також об'єм сировини у тарі для сировини. Лише тоді, коли величини зазначених характеристик будуть відповідати мінімально допустимим, можна буде здійснювати запуск автоматизованої системи. Під час перебігу технологічного процесу дані характеристики будуть безперервно вимірюватись, а у разі їх невідповідності заданим значенням буде одразу ж виконуватись сигналізація оператору про це.

Далі, після запуску автоматизованої системи здійснюється подача сировини з бункерів на переробку. На етапі очищення від домішок подача сировини на очистку здійснюється у порційному режимі, тобто виконується до заповнення порційних ваг. Далі визначається і записується маса зваженої порції і вона направляється у надсушарочний бункер. Потім здійснюється очищення наступної порції насіння ріпаку.

При надходженні сировини у сушарку необхідно забезпечити оптимальну температуру на обидвох рівнях сушарки. У разі відповідності поточних значень температури необхідним здійснюється переміщення насіння на сушку. На виході кожного рівня сушарки вимірюється температура сировини і регулюється при неспівпадінні за допомогою регулювання тривалості знаходження у сушарці. Згідно з цим і регулюється тривалість сушіння (охолодження). Так як сушарка не містить бункерів для проміжного зберігання, з метою узгодження температур для кожного рівня сушіння та охолодження окремо, то регулювання виконується відповідно до виходу другого рівня з контролем температур для інших рівнів.

Висушене насіння направляється на обрушувальний агрегат. З метою виконання якісного обрушення потрібно виконати оптимальне навантаження на обрушувальну машину. Таким чином потрібно здійснювати курування подачею насіння на обрушення за параметрами про навантаження на двигун.

Управління іншими технологічними машинами (насінневійкою, п'ятивалковими верстатами, шнековим пресом, молотковою дробилкою,

патронним фільтром) не вимагає контролю за окремими параметрами. Для них здійснюються лише процедури вмикання/вимикання на базі показів давачів наявності сировини та часові узгодження з іншими елементами автоматизованої системи. Також, для патронного фільтру повинен бути передбачений цикл очищення.

Під час проведення в жаровні волого-теплової обробки м'ятки з метою отримання оптимальних характеристик м'ятки здійснюється управління температурою обробки та передбачається процедура вмикання та вимикання двигуна жаровні.

Відвід розчинника з місцели в плівчастому та остаточному дистиляторах визначається контролем температури дистиляції. Проте управління тут виконується збільшенням чи зменшенням витрати перегрітого пару.

Для функціонування технологічного процесу потрібно безперервно здійснювати контроль за рівнем наповненості проміжних бункерів, баку тимчасового зберігання олії та бункерів для побічних продуктів (перевію, знежиреного шроту, лузги, екстракційного шламу). У разі їх критичного рівня повинно генеруватись аварійне повідомлення, а у разі переповнення автоматизована система повинна зупинити лінію.

2.3 Аналіз напрямку автоматизації технологічного процесу виготовлення ріпакової олійної сировини

До основних недоліків існуючих олійних виробництв є:

- відсутність моніторингу технологічного процесу для оператора;
- низький рівень оперативного централізованого управління;
- неможливість швидкого переналагодження за результатами про параметри технологічного процесу;

- значна затримка між виникненням аварійної ситуації та реакцією на неї;
- потрібна постійна присутність персоналу біля технологічного обладнання;
- складність у інтеграції в інформаційні системи підприємства.

Приведені недоліки, в основному мають вплив на продуктивність роботи підприємства, якість кінцевого продукту та, як наслідок, на собівартість продукції.

Таким чином, з метою усунення даних недоліків, в даній кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему для управління існуючим технологічним процесом виготовлення олії з використанням для системи управління сучасного обладнання, яке забезпечує оптимальне співвідношення між функціональністю та вартістю впровадження системи автоматизації. Передбачена повна заміна комунікаційних кабелів та системи моніторингу.

В кваліфікаційній роботі передбачена оптимізація моментів запуску та зупинки технологічного обладнання для оптимальної роботи механізмів системи та обмеження простою обладнання. В результаті оптимізації параметрів технологічного процесу очікується підвищення продуктивності та покращення якості кінцевого продукту.

Також слід вказати, що автоматизована система управління технологічним процесом виробництва ріпакової олійної сировини буде проектуватись у відповідності до наявного технологічного обладнання та забезпечуючи його роботу в автоматичному режимі на базі заданих параметрів. З цією метою будуть застосовані сучасні програмні та апаратні засоби автоматизації.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизованої системи керування

Впровадження проектованої автоматизованої системи керування виробництвом ріпакової сировини дозволить збільшити об'єми продукції достатньої якості, яка буде в подальшому використовуватись для переробки на біопаливо. Передбачається зменшення кількості персоналу, задіяного на обслуговуванні поточного виробництва, а також покращення надійності роботи технологічної лінії в цілому. Також прогнозується збільшення продуктивності за рахунок обмеження простою обладнання та досягнення максимальної енергетичної ефективності на діючому обладнанні без його конструктивних змін.

Візуалізація інформації про перебіг технологічного процесу в реальному часі дасть можливість приймати рішення про можливість вдосконалення з метою покращення характеристик виробництва. Також впровадження автоматизованої системи дозволить обмежити “людський фактор”, коли внаслідок неуважності, втоми чи тимчасового відлучення утворюються аварійні ситуації або формуються некоректні рішення.

Схема технологічного процесу є типовою для олійних виробництв. Керування здійснюватиметься використовуючи SCADA-систему з пульта оператора.

Розглянемо технологічний процес виробництва ріпакової олійної сировини більш детально.

На кожному етапі технологічного процесу здійснюється контроль рівня ємності бункера за допомогою використання давачів рівня безперервної дії. Якщо рівень наповнення проміжного бункера не є критичним, то стає можливим запуск обладнання даної ділянки. Аналогічно в робочому режимі, якщо

з'являється загроза переповнення кінцевого бункера, то використовуються заходи для зупинки подачі сировини до вказаної ділянки та штатній зупинці за рахунок доопрацювання наявного залишку сировини.

Якщо ж в результаті несправностей технологічного обладнання чи некоректної роботи керуючої програми все таки виникає переповнення, то застосовується аварійна зупинка. При цьому інформація по аварійній та штатній зупинці відображається на пульті керування оператора.

В деякому технологічному обладнанні виробничої лінії з метою забезпечення можливості вимикання агрегатів при відсутності сировини для обмеження їх холостої роботи і, відповідно, зменшенню його зношення потрібно забезпечити реєстрацію наявності чи відсутності сировини. Для здійснення можливості отримання даних про наявність чи відсутність сировини в певному обладнанні виробничої лінії в ньому будуть вмонтовані реєстратори матеріалу (давачі рівня граничної дії).

Для забезпечення нормальної роботи автоматизованої системи на її вхід повинні надходити робочі гази (димові гази, стиснене повітря, перегріта пара) з конкретними властивостями. Так як димові гази втягуються за допомогою насосів, то тиск їх подачі регулювати не потрібно. На лінії надходження димових газів регулюється тільки їх температура. При цьому якщо температура вхідних димових газів відповідає заданому рівню, то вважається, що рівень їх надходження достатній.

Для регулювання тиску стисненого повітря на трубопроводі, в якому воно подається монтується давач тиску. На лінії надходження перегрітого пару монтується давач тиску та давач температури. Отже, система керування виробництвом ріпакової олійної сировини дозволяє проводити керування станом робочих газів. При цьому здійснюється лише реєстрація їх стану та фіксуються небезпечні відхилення.

Так як для нормального функціонування виробничої лінії необхідно дотримуватись конкретних температурних режимів, то з метою їх оперативного

регулювання в температурозалежному обладнанні, такому як жаровня та сушарка, монтуються датчики температури.

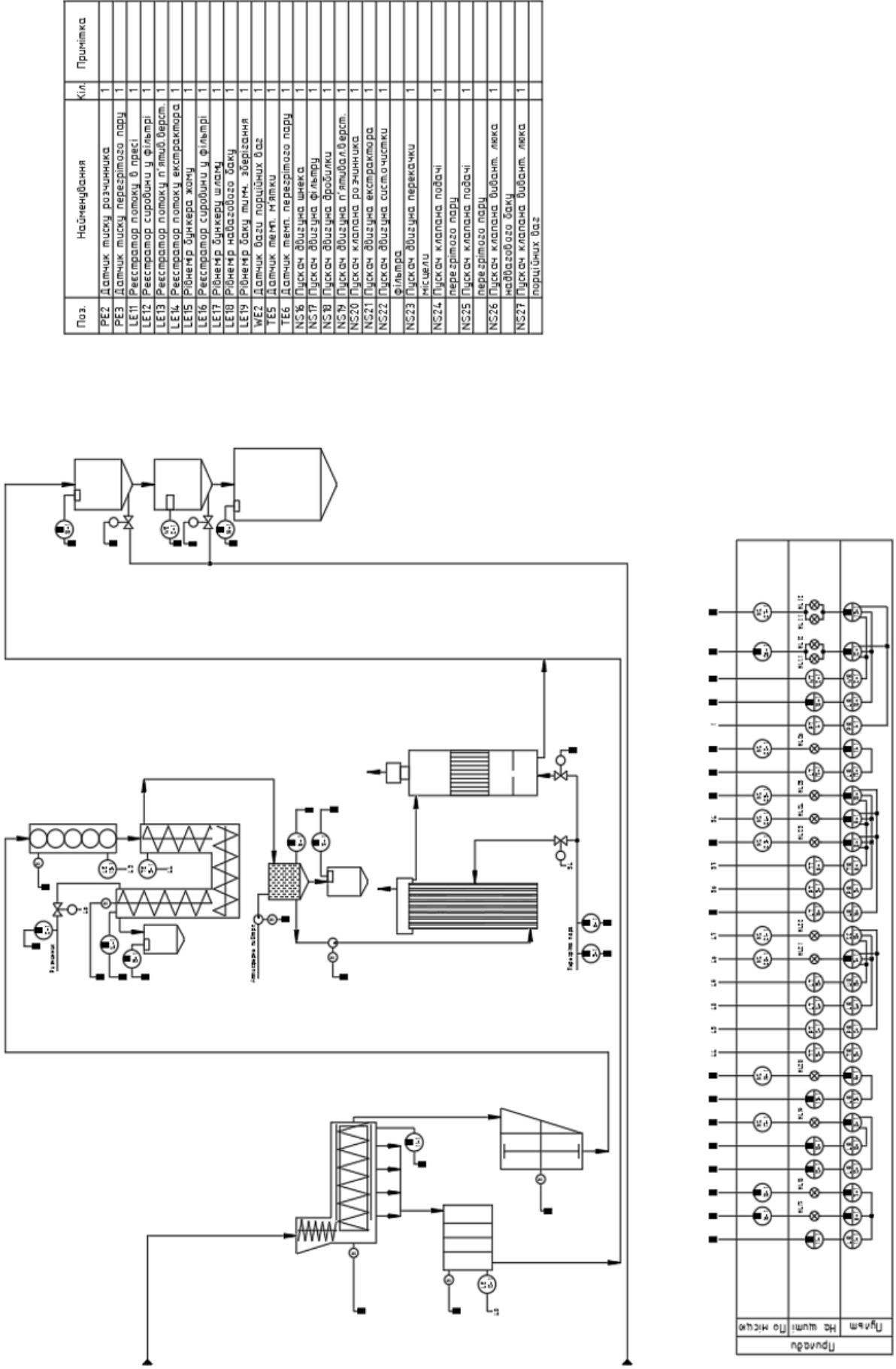
Враховуючи пожежонебезпечність процесу екстракції через використання горючих розчинників у екстракторі на вході екстрактора проводиться контроль сировини предмет на перегріву з використанням вмонтованого датчика температури. Перегрів сировини може спричинити виникнення аварійної ситуації, оскільки може відбутися загоряння екстракційного бензину.

Управління лінією з виробництва ріпаковою олією відбуватиметься за рахунок подачі керуючого сигналу на відповідні пускачі з керуючих пристроїв. Пускачі здійснюють вмикання виконавчих механізмів. Загальне управління проводитиметься за допомогою управляючої програми, яка виконуватиметься на комп'ютері оператора.

3.2 Вибір технічних засобів автоматизації

На рисунку 3.1 приведена проектована функціональна схема автоматизації технологічної лінії з виготовлення ріпакової олійної сировини для виробництва біопалива. Згідно даної схеми для впровадження автоматизованої системи керування необхідні наступні технічні засоби:

- датчик рівня сировини у бункерах – 10 шт.;
- датчик реєстрації наявності проміжних матеріалів – 11 шт.;
- датчик тиску допоміжних продуктів – 3 шт.;
- датчик ваги – 2 шт.;
- датчик температури – 8 шт.;
- запірний клапан – 10 шт.;
- нагнітальна помпа – 7 шт.;
- комплект мікропроцесорної системи управління – 1 шт.



Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
PE2	Датчик тиску розчинника	1	
PE3	Датчик тиску перегрітого пару	1	
LE11	Регулятор потоку 0 праси	1	
LE12	Регулятор сировини у фільтрі	1	
LE13	Регулятор потоку п'либ.верст.	1	
LE14	Регулятор потоку екстрактора	1	
LE15	Рівнемір бункера жолу	1	
LE16	Регулятор сировини у фільтрі	1	
LE17	Рівнемір бункера шлам.	1	
LE18	Рівнемір надовозного баку	1	
LE19	Рівнемір баку шл.м. зберігання	1	
WE2	Датчик бази порційних баз	1	
TES	Датчик темп. молока	1	
TE6	Датчик темп. перегрітого пару	1	
NS16	Пускач двигуна шнека	1	
NS17	Пускач двигуна фільтру	1	
NS18	Пускач двигуна дробилки	1	
NS19	Пускач двигуна п'либ.верст.	1	
NS20	Пускач клапана розчинника	1	
NS21	Пускач клапана екстрактора	1	
NS22	Пускач двигуна сист.чистки фільтра	1	
NS23	Пускач двигуна перекачки молока	1	
NS24	Пускач клапана лобачі перегрітого пару	1	
NS25	Пускач клапана лобачі перегрітого пару	1	
NS26	Пускач клапана виб.ант. лека надовозного баку	1	
NS27	Пускач клапана виб.ант. лека порційних баз	1	

Рисунок 3.1. Функціональна схема автоматизації лінії виробництва рослинної (ріпакової) олії

Оскільки на існуючих лініях олійного виробництва присутнє насосне та запірне обладнання, то немає необхідності у здійсненні їх вибору та подальшій закупівлі.

В залежності від конкретного закону регулювання управляючий комп'ютер генеруватиме керуючі сигнали, які надходитимуть на безконтактний пускач ПБР-ЗА. Пускачі ПБР-ЗА призначені для управління вмиканням та вимиканням певних агрегатів.

Здійснимо вибір давачів рівня для обчислення об'єму сировини в приймальному бункері, проміжних бункерах та бункері для готової продукції. Для постійного вимірювання рівня рідких та сипучих матеріалів найкращими є ультразвукові та радарні давачі рівня. Проте, оскільки ультразвукові давачі мають нижчу вартість та набули більшого поширення на ринку, то подальший вибір здійснюватиметься саме серед цих давачів.

На рисунку 3.2 приведено два давачі від різних виробників Pepperl+Fuchs (рис.3.2, а) та Sick AG (рис.3.2, б). Беручи до уваги габарити бункерів, з переліку давачів від Sick AG вибираємо давачі UM30-14113 (3 шт.) та UM30-13113 (7 шт.), від Pepperl+Fuchs – UC6000-30GM-IU-V1 (3 шт.) та UC2000-30GM-IU-V1 (7 шт.). Для здійснення оптимального вибору в таблиці 3.1 приведені основні параметри давачів.



Рисунок 3.2 – Ультразвукові давачі рівня речовини UC6000-30GM-IU-V1 (а), UM30-14113 (б)

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики давачів рівня

Параметр	UM30-13113	UC2000-30GM-IU-V1
	UM30-14113	UC6000-30GM-IU-V1
Діапазон вимірювань	200...2000 мм	120...2000 мм
	350...5000 мм	400...6000 мм
Зона нечутливості	0...200 мм	0...120 мм
	0...350 мм	0...400 мм
Струм споживання	до 50 мА	до 50 мА
Напруга живлення	12...30 В	10...30 В
Похибка вимірювання	0,5%	0,5%
Частота опитування	1,5 Гц	1,5 Гц
Виконання по ступеню захищеності	IP65	IP65
Робоча частота	85 кГц	85 кГц
Час відклику	до 325 мс	до 325 мс
Вихідний сигнал	4...20 мА або 0...10 В	4...20 мА або 0...10 В
Вартість	446,85 EUR	453 EUR
	476,55 EUR	507 EUR

Згідно даних таблиці оптимальним є вибір давачів UM30-13113 та UM30-143113, так як вони можуть працювати в потрібному діапазоні вимірювань, мають нижчу зону нечутливості та трохи меншу ціну. Для роботи проекрованої автоматизованої системи керування процесом виготовлення ріпакової олійної сировини потрібно десять давачів рівня.

З метою визначення наявності потоку сировини на різних етапах технологічного процесу кращим вибором з огляду на функціональність та вартість буде ємнісний тип давачів. Використання альтернативних фотоелектричних давачів є недоцільним, оскільки, оскільки функціонування відбуватиметься в умовах високої забрудненості, а тому чутливі елементи, за рахунок покриття шаром жиру та твердих частинок, будуть припиняти свою роботу.

На рисунку 3.3 приведено зовнішній вигляд та габарити ємнісних давачів ВБ1.34.65.50.1.1.К/МЕГА-К (рисунок 3.3, а), ВБ1.30М.65.20.7.4.К/МЕГА-К (рисунок 3.3, б) та KB-3020-ВРКГ/NI / Ifm electronics (рисунок 3.3, в). Характеристики даних давачів приведені в таблиці 3.2.

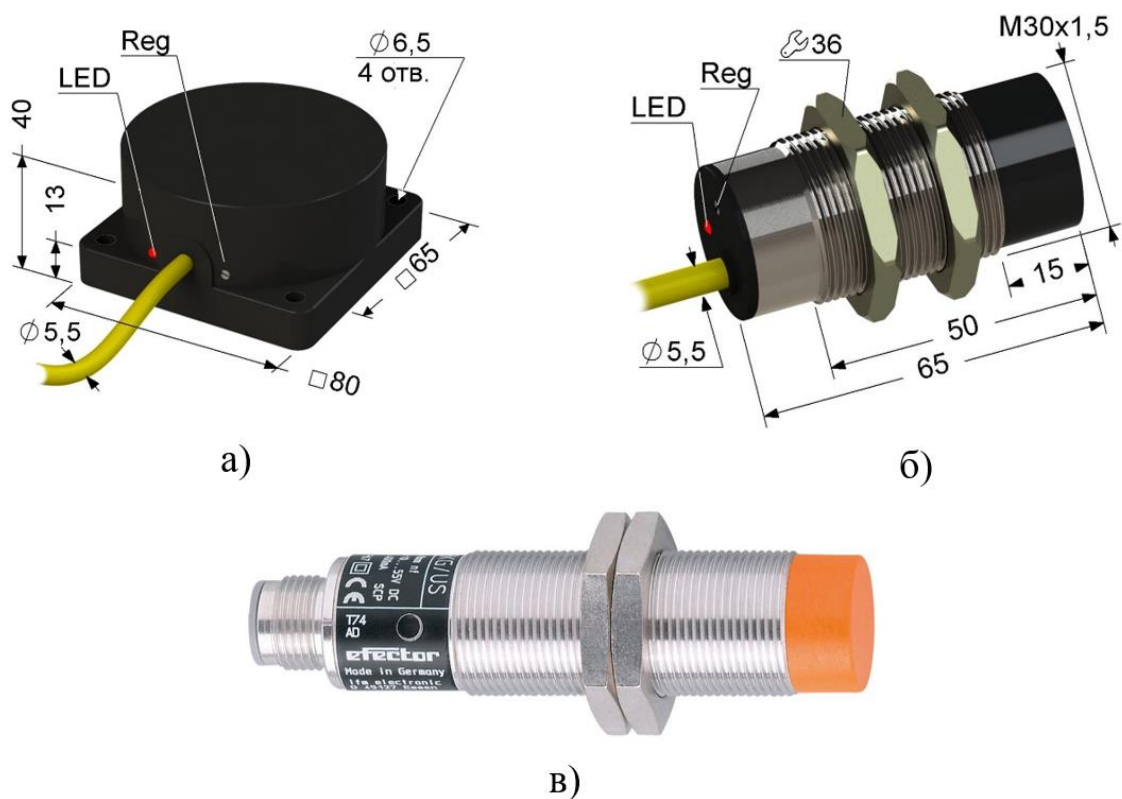


Рисунок 3.3 – Ємнісні давачі реєстрації ВБ1.34.65.50.1.1.К (а), ВБ1.30М.65.20.7.4.К (б) та KB-3020-ВРКГ/NI (в)

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики ємнісних давачів реєстрації наявності

Назва параметру	ВБ1.34.65.50. 1.1.К	ВБ1.30М.65. 20.7.4.К	КВ-3020- ВРКГ/НІ
Тип датчика	ємнісний	ємнісний	ємнісний
Тип монтажу	лицьовий	врізний	врізний
Максимальна робоча відстань	50 мм	20 мм	20 мм
Функція перемикачання	PNP	PNP	PNP
Напруга живлення	10...30 В	30...250 В	10...36 В
Температура навколишнього середовища	-25...+70°C	-25...+70°C	-25...+70°C
Максимальна частота спрацьовування	70 Гц	70 Гц	40 Гц
Клас захисту	IP65	IP65	IP65
Вартість	32,45 EUR	28,35 EUR	107,15 EUR

Оскільки характеристики давачів подібні, то робимо вибір на користь давачів від МЕГА-К, оскільки вони мають значно нижчу вартість. Також, оскільки конструктивно кращим варіантом розміщення є лицьовий метод монтажу, то обираємо давач типу ВБ1.34.65.50.1.1.К. Для роботи проектованої автоматизованої системи керування процесом виготовлення ріпакової олійної сировини потрібно одинадцять давачів реєстрації наявності.

Здійснимо вибір давачів тиску. При виборі бажаним є використання давачів одного виробника для полегшення ремонту та зменшення вартості закупівлі запчастин для резервного запасу.

На рисунку 3.4 приведено давачі тиску від двох виробників: DMP331 від VD Sensors (рисунок 3.4, а) та Карат від ТОВ “Метронік” (рисунок 3.4, б).



Рисунок 3.4 – Давачі тиску DMP 331 (а) та Карат (б)

З метою перекриття потрібного діапазону вимірювань у 0,2-0,4 МПа абсолютного тиску візьмемо для порівняння манометричні давачі надлишкового тиску, оскільки давачі абсолютного тиску вимагають вакуумної камери і це впливає на їх вищу вартість.

З серії давачів DMP 331 згідно вимог обираємо давач надлишкового тиску DMP 331-110-2501-1-5-10-5-1-000. З серії давачів Карат – Карат-ДИ-12/2-УХЛЗ.1(В4)-0,5-250кПа-42-IP65. Характеристики обидвох давачів приведені в таблиці 3.3.

Оскільки, згідно таблиці, характеристики обидвох давачів є схожими, то доцільним є вибір давача тиску Карат-ДИ з огляду на його нижчу вартість. Для роботи проектованої автоматизованої системи керування процесом виготовлення ріпакової олійної сировини потрібно три давачі тиску.

Проведемо вибір давачів ваги, які використовуються для здійснення обліку сировини, що надходить на переробку, а також обліку кінцевого продукту. Оскільки використовується три-точковий спосіб кріплення ваг, то необхідно застосування горизонтальних тензометричних давачів ваги.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики давачів тиску

Показник	DMP 331 110-2501-1-5-10-5-1-000	Карат-ДИ-12/2-УХЛЗ.1(В4)-0,5-250кПа-42-IP65
Тип датчика	надлишковий тиск	надлишковий тиск
Діапазон тисків	0...0,25 МПа	0...0,25 МПа
Максимальне перенавантаження	2,1 МПа	0,38 МПа (за замовленням до 2,5 МПа)
Точність	0,5%	0,5%
Електричний роз'єм	DIN 43650	DIN 43650
Підключення до джерела тиску	M 20x1,5	M 20x1,5
Час відклику	до 5 мс.	до 5 мс.
Температура навк. середовища	-20...+75°C	+5...+50°C
Температура вимірюваного середовища	-20...+125°C	-50...+80°C
Вихідний сигнал	4...20 мА (2-пров.)	4...20 мА (2-пров.)
Напруга живлення	12...36 В пост. струму	12...36 В пост. струму
Виконання по ступеню захищеності	IP65	IP65
Маса	140 г.	160г.
Вартість	237 EUR	147,5 EUR

На рисунку 3.5 приведено декілька моделей давачів ваги серії Мерадат-14 від виробника ВАТ “Уралвес”. В таблиці 3.4 наведені їх технічні характеристики.

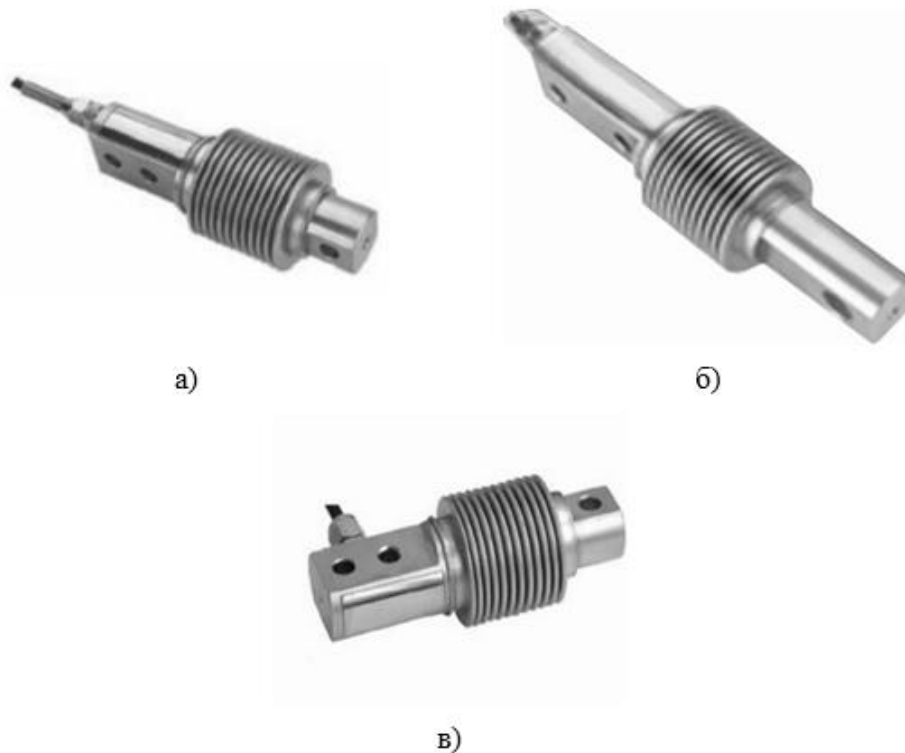


Рисунок 4.4 – Тензометричні давачі маси Мерадат К-14-А150 (а), Мерадат К-14-Б200 (б), Мерадат К-14Е150 (в)

Згідно даних таблиці 3.4 можна зробити висновок про те, що приведені давачі маси відрізняються лише конструктивно та по ціні. Також, серія Мерадат К-14-Б не містить типорозміру з НМВ 150 кг. Так як, похибки вимірювання наведені відносно НМВ, то і абсолютна похибка в давача Мерадат К-14-Б200 буде більшою. Отже, оптимальним буде вибір давача маси Мерадат К-14-А150. Для роботи проекрованої автоматизованої системи керування процесом виготовлення ріпакової олійної сировини потрібно шість давачів маси.

Здійснимо вибір давача температури, який має здійснювати вимірювання температур у межах від 0°C до 250°C. Цей діапазон повністю забезпечує наявні температури на всіх етапах технологічної лінії з виготовлення ріпакової олійної сировини.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики давачів маси

Параметр	Мерадат К-14-А150	Мерадат К-14-Б200	Мерадат К-14-Е150
Найбільша межа вимірювання (НМВ)	150 кг	200 кг	150 кг
Робочий коефіцієнт передачі (РКП)	2±0,002 мВ/В	2±0,002 мВ/В	2±0,002 мВ/В
Комбінована похибка	±0,02% від РКП	±0,02% від РКП	±0,02% від РКП
Повзучість (за 30 хв)	±0,02% від РКП	±0,02% від РКП	±0,02% від РКП
Нульовий коефіцієнт передачі (НКП)	±1% від РКП	±1% від РКП	±1% від РКП
Зміна НКП/РКП від температури	±0,02%/±0,02 від РКП/10°C	±0,02%/±0,02 від РКП/10°C	±0,02%/±0,02 від РКП/10°C
Вхідний опір	400±10 Ом	400±10 Ом	400±10 Ом
Вихідний опір	352±2 Ом	352±2 Ом	352±2 Ом
Опір ізоляції	>5000 МОм	>5000 МОм	>5000 МОм
Діапазон робочих температур	-30...+70°C	-30...+70°C	-30...+70°C
Допустиме перенавантаження	150% від НМВ	150% від НМВ	150% від НМВ
Руйнуюче перенавантаження	300% від НМВ	300% від НМВ	300% від НМВ
Рекомендована напруга живлення	5...12 В	5...12 В	5...12 В
Максимальна напруга живлення	15 В	15 В	15 В
Ступінь захисту	IP68	IP68	IP68
Вартість	153,62 EUR	171,01 EUR	176,81 EUR

Для проектованої автоматизованої системи управління для вимірювання температур рідин та газів оптимальним буде застосування двох типів датчиків температур: терморезисторів та термопар.

На рисунку 3.6 приведені кілька моделей датчиків температури від виробника ЗАТ “Danfoss”. Оскільки робочим середовищем при вимірюванні температури є газ, то виробник рекомендує застосовувати датчики температури моделей MBT5113 (рисунок 3.6, а), MBT5116 (рисунок 3.6, б), MBT5252 (рисунок 3.6, в). В таблиці 3.5 наведені їх технічні характеристики.



Рисунок 4.5 – Датчики температури MBT5113 (а),
MBT5116 (б), MBT5252 (в)

Згідно даних таблиці 3.5 можна зробити висновок про доцільність вибору датчика температури MBT5113 (084Z5052). Завдяки спрощеній конструкції корпусу та відсутності вбудованого перетворювача даний датчик має меншу вартість. Для роботи проектованої автоматизованої системи керування процесом виготовлення ріпакової олійної сировини потрібно вісім датчиків температури.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики давачів температури

Параметр	MBT5113 084Z5052	MBT5116 084Z5156	MBT5252 084Z6272
Тип датчика	термопара 1xNiCr-Cr тип К	термометр опору Pt100	термометр опору Pt100
Вимірювальний елемент	змін.	змін.	змін.
Довжина зонду	50 мм	80 мм	50 мм
Під'єднання	G ¾"	G ½ A	G ½ A
Електричне з'єднання	Тип В	Тип В	2-провідн. 3-клемн.
Температура середовища	-50...+800°C	-50...+600°C	-50...+400
Клас захисту корпусу	IP65	IP65	IP65
Матеріал захисної трубки	Нержавіюча сталь	Нержавіюча сталь	Нержавіюча сталь
Час реакції у воді	30 с	30 с	12 с
Вбудований перетворювач	-	-	-
Вартість	131,34 EUR	161,27 EUR	142,39 EUR

3.3 Вибір мікропроцесорних засобів автоматизації

Згідно з функціональної схеми, для функціонування технологічного обладнання лінії з виготовлення ріпакової олійної сировини проектувана система управління повинна володіти такими комунікаційними каналами:

- аналогові входи – 23;
- дискретні входи – 11;
- аналогові виходи – 4;
- дискретні виходи – 24.

Управління технологічним процесом буде здійснюватися через комп'ютер, на який будуть надходити дані з модулів вводу, на основі керуючої програми комп'ютер буде формувати управляючі сигнали на виконавчі механізми та, як наслідок, виконуватиме керування перебігом технологічного процесу.

Враховуючи потрібну кількість комунікаційних каналів обміну інформацією із технічними засобами автоматизації проведемо вибір модулів вводу/виводу мікропроцесорної системи керування на базі модулів ADAM та I-7000, які є найбільш поширеними із відносно недорогих рішень. На рисунку 3.7 приведено зовнішній вигляд модулів серії ADAM-4000 (рисунок 3.7, а) від Advantec та I-7000 (рисунок 3.7, б) від ICP-DAS.

Засобами серії ADAM-4000 потрібна кількість входів та виходів може бути забезпечена використанням наступних модулів:

- 1) 4 модулі аналогового вводу ADAM-4017+;
- 2) один модуль дискретного вводу ADAM-4053;
- 3) два модулі дискретного виводу ADAM-4056S;
- 4) один модуль аналогового виводу ADAM-4024;
- 5) модуль перетворення RS-232 в RS-422/485 ADAM-4520.



Рисунок 3.7 – Модулі серій ADAM-4000 (а) та I-7000 (б)

Необхідний перелік мікропроцесорних засобів серії I-7000 є наступним:

- 1) 4 модулі аналогового вводу I-7017;
- 2) один модуль дискретного вводу I-7041;
- 3) один модуль аналогового виводу I-7024;
- 4) два модулі дискретного виводу I-7042;
- 5) один модуль перетворення RS-232 в RS-422/485 I-7520.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення передатної функції

Здійснимо перевірку системи автоматичного регулювання (САР) на прикладі системи регулювання температури теплоносія, котрий поступає на першу ступінь нагрівання насіння ріпаку. У випадку недосушеного насіння погіршується відділення оболонки насіння від ядра. Оболонка має низьку жирність та високу здатністю до поглинання олії з навколишнього середовища. Також оболонка має вищу фізичну міцність ніж у ядра, а тому її збільшений вміст у сепарованому ядрі підвищує час подрібнення та зростання зносу робочих органів технологічного обладнання. Внаслідок пересушення здійснюється надмірне руйнування насіння при переробці та створення олійного пилу, що впливає на зменшення виходу продукції.

Сушіння насіння ріпаку проходить у два етапи. На першому етапі надходить суміш димових газів з атмосферним повітрям конкретної температури у $120 \pm 5^\circ\text{C}$. Керування температурою суміші здійснюється шляхом зміни подачі атмосферного повітря насосом. На другому етапі в сушарку надходять гарячі димові гази.

Систему забезпечення певної температури повітряно-димової суміші можна показати у вигляді замкненої системи, на вхід якої надходить задане значення необхідної результуючої температури. На виході системи давачем температури визначається поточне значення температури та конвертується у цифровий сигнал.

Отримане з давача значення співставляється з заданою величиною. Величина різниці значень потрапляє на управляючий пристрій, який регулює управляючий сигнал на виконавчому механізмі (двигун приводу насосу). Як наслідок, регулюється надходження атмосферного повітря в змішувач.

Так як, температура димових газів значно вища за температуру атмосферного повітря, то зміна концентрації газів веде до зміни температури

кінцевої суміші. Описаний контур регулювання дає можливість вирівняти зміну температури суміші, котра виникає через коливання температури димових газів, нестійкість температури навколишнього середовища та з ряду інших причин.

На рисунку 4.1 приведена структурна схема системи автоматичного керування температурою газової суміші.

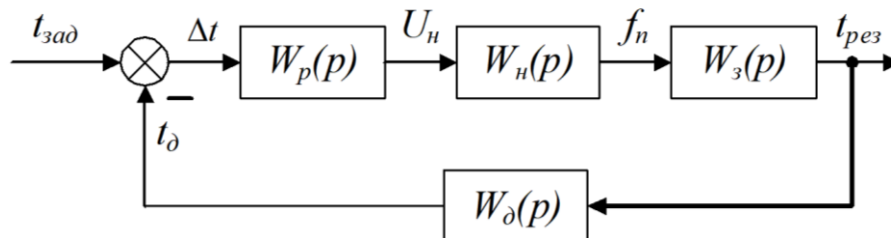


Рисунок 4.1 – Структурна схема САР температури повітряно-димової суміші

На схемі $t_{зад}$ – заданий рівень температури суміші; $t_{рез}$ – температура суміші; $t_д$ – показ давача температури; $U_н$ – напруга живлення насоса; $f_н$ – подача повітря; $W_p(p)$ – передаточна функція регулятора; $W_н(p)$ – передаточна функція насоса; $W_з(p)$ – передаточна функція змішувача; $W_д(p)$ – передаточна функція давача температури.

Для зручності розрахунку стійкості САР температурою повітряно-газової суміші здійснимо перетворення її структурної схеми за рахунок зняття передаточної функції давача температури з ланки зворотного зв'язку (рисунок 4.2).

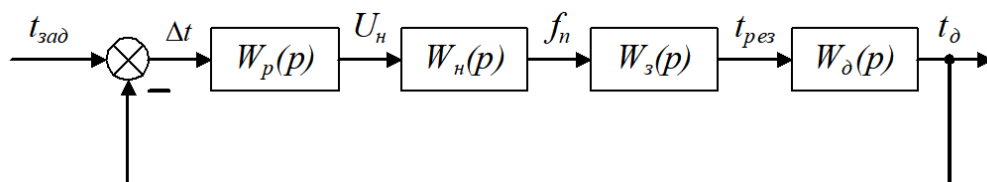


Рисунок 4.2 – Перетворена структурна схема САР температури повітряно-димової суміші

Напруга живлення двигуна насоса обчислюється за формулою

$$U_n = U_0 - k_{pez} \Delta t$$

де U_0 – базова напруга живлення ($U_0 = \text{const}$);

k_{pez} – коефіцієнт регулювання.

Коефіцієнт регулювання від’ємний, так як з підвищенням температури на виході системи здійснюється зниження відхилення температури, що впливає на збільшення надходження повітря.

Таким чином, замінивши k_{pez} на k_1 отримаємо передаточну функцію регулятора:

$$W_p(p) = \frac{U(p)}{T(p)} = -k_1$$

Передаточна функція насоса $W_n(p)$ являє собою дві окремі передаточні функції: передаточну функцію двигуна приводу $W_{\text{дв}}(p)$ та передаточну функцію нагнітальної частини насоса $W_{\text{п}}(p)$.

В якості вхідного параметру для двигуна є напруга живлення, вихідним параметром є кутова швидкість валу двигуна ω . Враховуючи рівняння стану двигуна та після деяких перетворень можна представити його передаточну функцію у вигляді:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{k_2}{T_1 p^2 + T_2 p + 1};$$

$$k_2 = \frac{k_p}{Rk_o + k_o k_p}; T_1 = \frac{LJ}{Rk_o + k_o k_p}; T_2 = \frac{LR + Lk_o}{Rk_o + k_o k_p}$$

де L, R – індуктивність та опір в обмотці двигуна;

J – загальний момент інерції всіх рухомих частин двигуна;

k_p – коефіцієнт конвертації струму в момент руху;

k_ω – коефіцієнт кутової швидкості;

k_o – коефіцієнт швидкісного тертя.

В якості вхідного параметру нагнітальної частини насоса є кутова швидкість обертання валу двигуна ω , вихідним – витрата атмосферне повітря f_n .

Провівши ряд перетворень отримуємо передаточну функцію нагнітальної частини насоса у вигляді:

$$W_{II}(p) = \frac{F(p)}{\Omega(p)} = \frac{k_3}{T_3 p + 1}$$

де T_3 – стала часу зміни витрати повітря;

k_3 – коефіцієнт залежності витрати повітря від ω .

Провівши ряд перетворень отримуємо передаточну функцію змішувача у вигляді:

$$W_3(p) = \frac{T(p)}{F(p)} = \frac{k_4}{T_4 p + 1}$$

де T_4 – стала часу зміни температури на виході змішувача;

k_4 – коефіцієнт залежності температури змішувача від подачі повітря.

Давач температури через свою аперіодичність реакції також є ланкою в системі регулювання. Провівши ряд перетворень отримуємо передаточну функцію давача температури у вигляді:

$$W_3(p) = \frac{T_0(p)}{T(p)} = \frac{1}{T_5 p + 1}$$

де T_5 – стала часу реакції давача на зміну температури на виході змішувача.

На основі визначених передаточних характеристик отримаємо розімкнену передаточну характеристику САР температури повітряно-димової суміші. Після заміни отримуємо передаточну характеристику розімкненої САР у вигляді:

$$W(p) = \frac{k_0}{(T_1 p^2 + T_2 p + 1)(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)(T_5 p + 1)}$$

де $k_0 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$

Передаточна характеристика замкненої системи для структурної схеми із зворотнім зв'язком (рисунок 4.2) має вигляд:

$$W_3(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p) \cdot W_{33}(p)}$$

де $W_p(p)$ – передаточна характеристика розімкненої САР,

$W_{33}(p)$ – передаточна характеристика ланки зворотного зв'язку.

Підставивши в цей вираз передаточну характеристику розімкненої САР та значення передаточної функції ланки зворотного зв'язку як 1, запишемо передаточну функцію замкненої САР:

$$W_3(p) = \frac{k_0}{(T_1 p^2 + T_2 p + 1)(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)(T_5 p + 1) + k_0}$$

В таблиці 4.1 приведено параметри для розрахунку автоматичної системи регулювання.

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку автоматичної системи керування

Назва параметру	Позначення параметру	Значення параметру
Коефіцієнт перетворення регулятором розузгодження температури в сигнал керування	$k_{рез}$	20 В/°С
Індуктивність в обмотці двигуна	L	0,05 Ом·с
Опір в обмотці двигуна	R	3,0 Ом
Приведений момент інерції рухомих частин (з навантаженням)	J	2,1 кг·м ²
Коефіцієнт перетворення струму в момент руху	k_p	$6,5 \cdot 10^{-2}$ Н·м/А
Коефіцієнт швидкісного тертя (з урахуванням навантаження)	k_o	$4,2 \cdot 10^{-2}$ Н·м·с
Добуток коефіцієнта перетворення напруги в швидкість та коефіцієнта редукції	k_ω	$1,6 \cdot 10^{-2}$ В·с
Стала часу зміни витрати повітря	T_F	0,4 с
Коефіцієнт залежності витрати повітря від частоти обертання валу двигуна	k_F	$1,75 \cdot 10^{-4}$ м ³
Стала часу зміни температури суміші	T_T	10 с
Коефіцієнт залежності температури суміші від подачі повітря	k_T	280 °С·с/м ³
Стала часу реакції датчика температури	T_d	0,3 с

4.2 Визначення стійкості системи згідно критерію Найквіста

Метод визначення стійкості САР за Найквістом дає можливість обчислити стійкість замкненої системи за амплітудно-фазовою характеристикою (АФХ) розімкненої системи. Даний метод ґрунтується на тому, чи є САР стійкою в розімкненому стані.

Скориставшись методом Гурвіца було визначено, що всі визначники матриці Гурвіца є додатними, а отже доведено, що система є стійкою в розімкненому вигляді.

Так як САР у розімкненому вигляді є стійкою, то на основі методу Найквіста, для того, щоб вважати САР стійкою і в замкненому стані, необхідно щоб АФХ розімкненої системи $W(j\omega)$ при зміні ω від 0 до ∞ не належала точці $(-1; j0)$.

На основі перетворень, якщо

$$W(j\omega) = \frac{C(\omega) + jD(\omega)}{E(\omega) + jF(\omega)},$$

то дійсна $U(\omega)$ і уявна $V(\omega)$ частини $W(j\omega)$ визначається так:

$$U(\omega) = \frac{C(\omega) \cdot E(\omega) + D(\omega) \cdot F(\omega)}{E^2(\omega) + F^2(\omega)},$$

$$V(\omega) = \frac{D(\omega) \cdot E(\omega) - C(\omega) \cdot F(\omega)}{E^2(\omega) + F^2(\omega)}.$$

Для нашого конкретного випадку:

$$C(\omega) = k_0;$$

$$D(\omega) = 0;$$

$$E(\omega) = T_{40}\omega^4 - T_{20}\omega^2 + 1;$$

$$F(\omega) = T_{50}\omega^5 - T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega.$$

Для побудови АФХ потрібно виразити передаточну функцію розімкненої системи у вигляді

$$W(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)}$$

Після ряду перетворень запишемо формули для визначення $A(\omega)$ та $\varphi(\omega)$:

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)};$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)}.$$

На рисунку 4.3 показано АФХ розімкненої системи, яка отримана підстановкою значень всіх параметрів САР та змінюючи ω від 0 до ∞ .

Рисунок 4.3 показує, що дана САР є стійкою у замкненому стані, оскільки АФХ розімкненої системи $W(j\omega)$ не охоплює точку $(-1;j0)$.

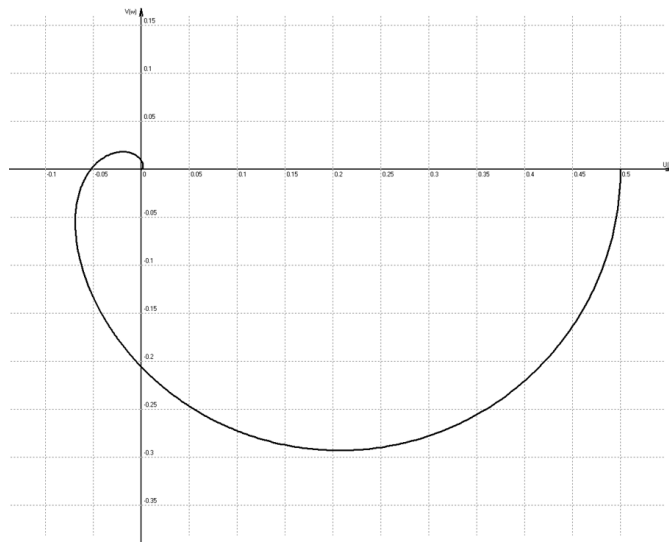


Рисунок 4.3 – АФХ розімкненої САР

4.3 Визначення стійкості за критерієм Михайлова

Характеристичний вираз замкненої системи має вигляд:

$$D_s(p) = T_{50}p^5 + T_{40}p^4 + T_{30}p^3 + T_{20}p^2 + T_{10}p + 1 + k_0$$

Запишемо характеристичний поліном, звівши дійсні та уявні частини

$$D_s(p) = (T_{40}\omega^4 - T_{20}\omega^2 + 1 + k_0) + j(T_{50}\omega^5 - T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega)$$

На рисунку 4.4 показано годограф Михайлова на комплексній площині, побудований використовуючи дійсну частину характеристичного поліному $U(\omega)$ і уявну $V(\omega)$ та змінюючи ω від 0 до ∞ .

З рисунку 4.4 видно, що САР є стійкою, так як годограф Михайлова проходить через 5 квадрантів проти годинникової стрілки при ступені характеристичного поліному, рівному п'яти. При наступному підвищенні ω дійсна та уявна частини наближаються до ∞ .

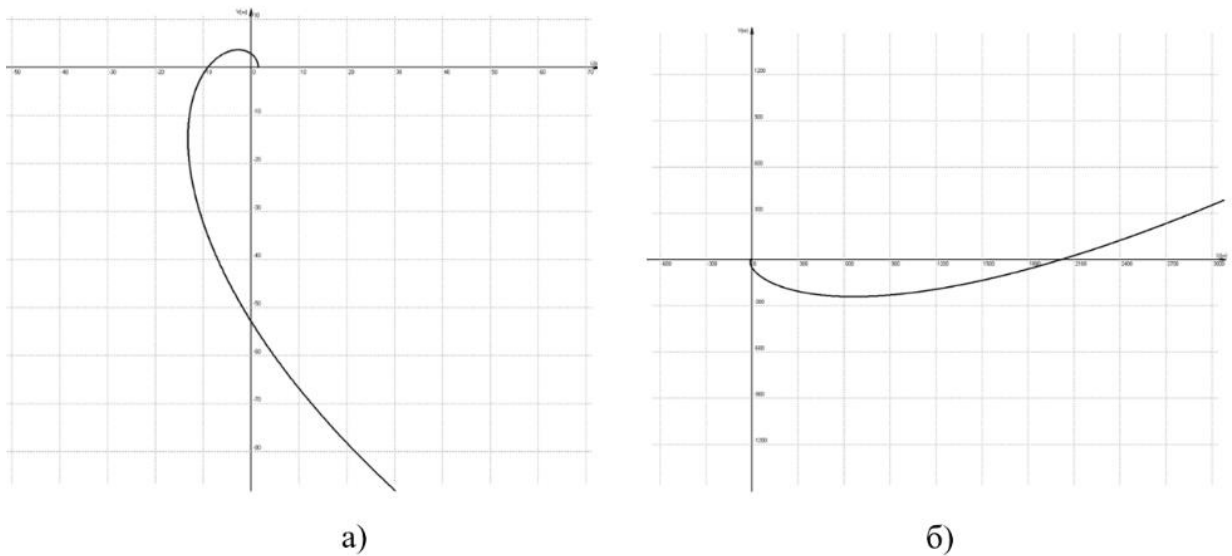


Рисунок 4.4 – Годограф Михайлова: детально (а), загальний вигляд (б)

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Розробка алгоритму керування технологічним процесом

При проектуванні програмного забезпечення для автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва ріпакової олійної сировини потрібно врахувати, що сам технологічний процес не є лінійним і величини вихідних сигналів залежать не лише від значення вхідних параметрів, а й від стану технологічного обладнання, яке не використовується безпосередньо на даній ділянці.

Для розділення функцій в технологічному процесі виготовлення ріпакової олійної сировини виділено декілька відокремлених етапів:

- очищення та зважування сировини;
- сушіння насіння;
- обрушення насіння;
- основана переробка;

При цьому деякі етапи можуть виконуватись паралельно.

При розробці блок-схем алгоритмів застосовуватимуться позначення давачів та виконавчих механізмів, аналогічні позначенням на функціональній схемі.

На етапі очищення та зважування сировини після запуску процесу здійснюється визначення маси завантаженої сировини у порційних вагах. Якщо рівень їх завантаження становить 95% та більше, то надходження сировини не вмикається. У випадку, якщо поточна маса менша за 95%, то здійснюється перевірка рівня у ємності для насіння ріпаку, що подається на переробку. Якщо рівень у бункері є меншим за 5%, то приймається рішення про недоцільність вмикання сепарації та відважування, а тому здійснюється очікування наповнення бункера сировини.

Якщо рівень сировини задовільний, то відбувається подача ріпаку на першу ступінь сепарації з одночасним вмиканням першого сепаратора. В момент

появи на виході першого сепаратора насіння ріпаку вмикається другий сепаратор. Після появи потоку насіння ріпаку на виході другого сепаратора надходить живлення на електромагніт пристрою очищення насіння від металічних домішок.

Очищене насіння ріпаку надходить до порційних ваг зважування сировини. При досягненні маси 95% від максимальної ємності призупиняється надходження сировини на очищення, вимикається технологічне обладнання очищення. Якщо об'єм ріпаку у піддозаторному бункері не більший 85%, то відчиняється вивантажувальний люк ваг та зважена порція насіння ріпаку направляється до піддозаторного бункера. Після повного вивантаження вивантажувальний люк ваг закривається та здійснюється новий цикл відважування порції матеріалу для переробки.

На другому етапі виробництва ріпакової олійної сировини здійснюється сушіння насіння ріпаку, обрушення насінних оболонок та їх очищення від ядра. Перед початком надходження насіння до сушарки здійснюється перевірка рівня наповнення підсушарочного бункера. Якщо він перевищує 90% від максимуму, то приймається рішення про неможливість початку процесу сушіння через загрозу переповнення підсушарочного бункера.

Також процес сушіння не може розпочатися якщо наповнення піддозаторного бункера менше 10%. Якщо обидві умови відповідають потребам та є достатньою температура димових газів, то здійснюється надходження димових газів до сушарки, а після її прогріву відбувається подача насіння ріпаку на сушіння. При досягненні максимального рівня наповнення підсушарочного бункера або при зниженні температури димових газів процес сушіння припиняється.

На третьому етапі здійснюється контроль рівня побічних продуктів (перевій та лузга). Лише у випадку, якщо всі рівні бункерів є достатніми, здійснюється надходження висушеного насіння на обрушувальну машину з одночасним включенням витяжної помпи відвіювальної камери. Далі безперервно контролюється заповнення бункерів ядра, лузги та перевію на переповнення, а також заповнення бункера висушеного насіння на

випорожнення. При негативному результаті контролю наповненості процес оброблення припиняється.

На четвертому етапі обладнання працює у безперервному режимі, узгоджуючись по наявності чи відсутності сировини на переробку по кожному окремо взятому пристрою. П'ятивалкові верстати, шнековий прес, жаровня, молоткова дробилка, фільтр, екстрактор, помпа закачування місцели в дистиллятори включаються при надходженні на їх входи потоку сировини. Інформація одержується за допомогою змонтованих на виході попередніх елементів технологічного процесу реєстраторів потоку або в поточному технологічному обладнанні реєстраторів рівня. Зупинка здійснюється при зупинці подачі продукту та після повного випорожнення поточного матеріалу технологічного обладнання від залишків проміжного продукту.

Згідно викладених положень функціонування лінії з виготовлення ріпакової олійної сировини для кожного етапу технологічного процесу будемо блок-схему алгоритму керування.

5.2 Опис системи візуалізації проекту

На рисунку 5.1 показана екранна форма графічної мнемосхеми автоматизованого робочого місця оператора, побудована в середовищі GraphWor32. Управління автоматизованою системою відбувається за допомогою програмного коду, написаного на мові програмування Visual Basic for Applications.

Після запуску проекту в початковий момент часу система знаходиться у режимі очікування команд від оператора. Вмиканням відповідного перемикача на екранній формі оператор формує команду програмі управління по запуску роботи. Система контролює виконання черговості вмикання етапів для обмеження холостої роботи обладнання, оскільки це призводить до підвищеного зносу агрегатів.

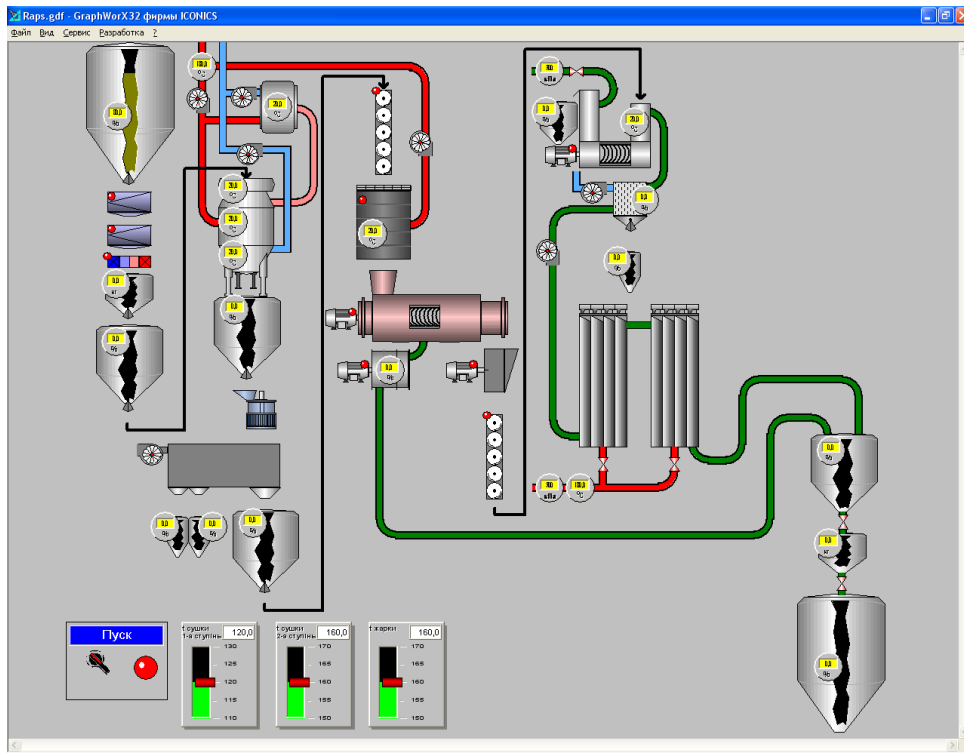


Рисунок 5.1 – Экранна форма проекту в середовищі Iconics Genesis32

Під час проходження технологічного процесу на різних його етапах оператору надаються оперативні дані в реальному часі про його стан з візуалізацією дій, які виконуються в даний момент часу. Також на екрані відображаються значення технологічних параметрів у різних ділянках технологічного процесу, такі як температура, тиск, рівень наповнення бункерів. Це дає можливість проводити поточне регулювання проходження технологічного процесу.

З метою управління температурними режимами технологічного процесу на екран оператора винесено регулятори, які дозволяють регулювати робочі температури.

На рисунку 5.2 показана екранна форма вікна першого етапу очищення від домішок та зважування початкової партії насіння ріпаку.

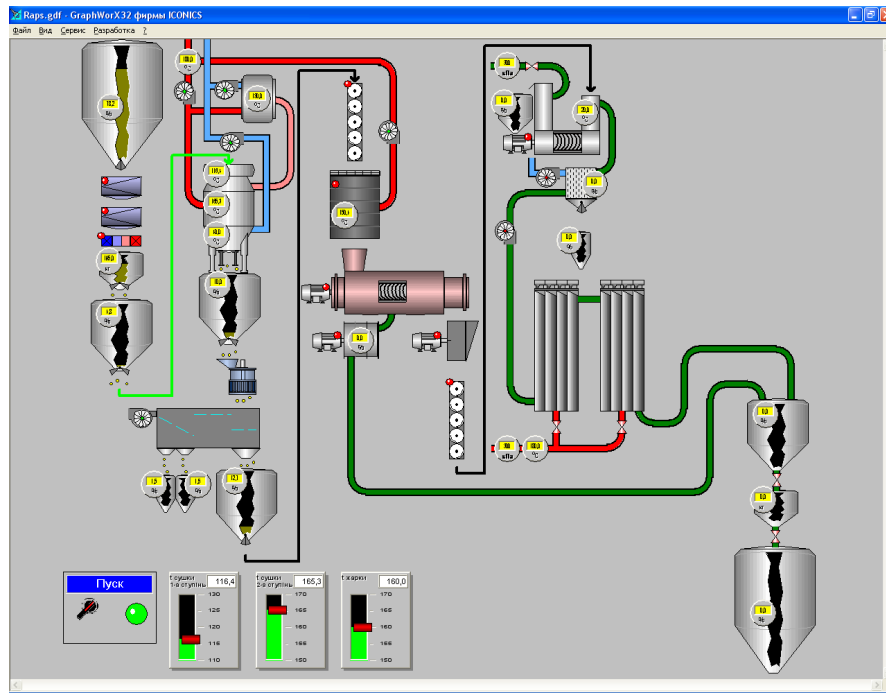


Рисунок 5.2 – Экранна форма проекту в середовищі Isonics Genesis32.

Очищення та відважування насіння ріпаку

На рисунку 5.3 показана екранна форма вікна наступного етапу сушіння, обрушення та відвіювання насіння ріпаку.

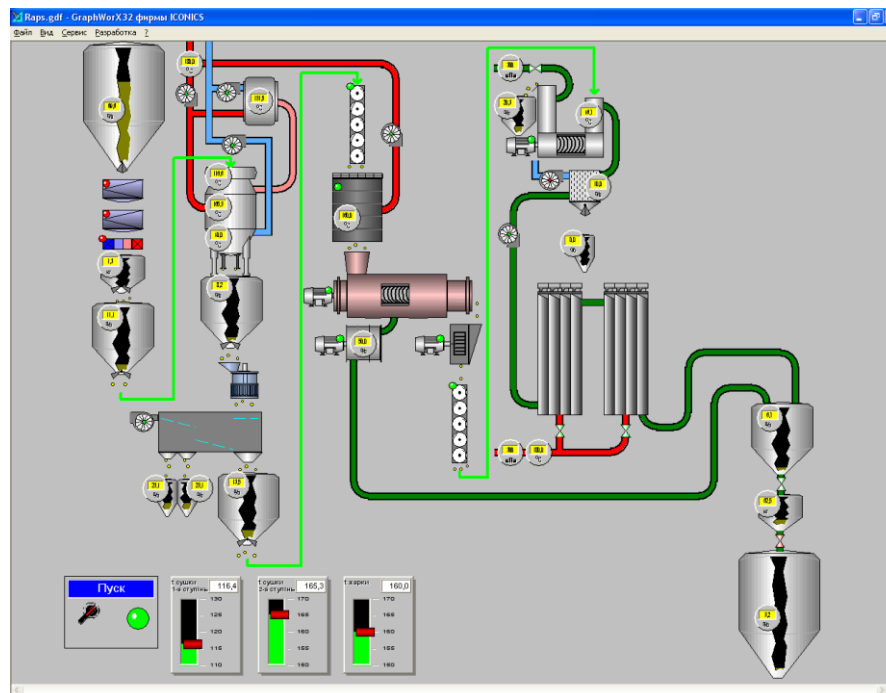


Рисунок 5.3 – Экранна форма проекту в середовищі Isonics Genesis32.

Сушіння, обрушення та відвіювання насіння

На рисунку 5.4 показана екранна форма вікна основного процесу виробництва з одержанням на виході лінії очищеної від механічних домішок ріпакової олійної сировини.

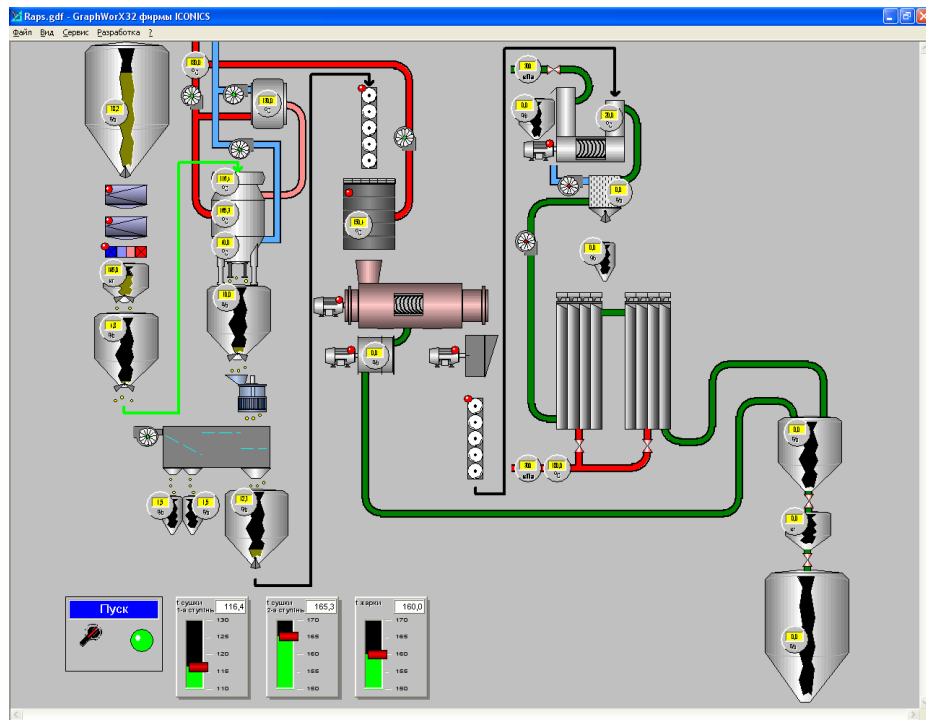


Рисунок 5.4 – Екранна форма проекту в середовищі Isonics Genesis32.

Основний етап виробництва

Отже, розроблена автоматизована система керування забезпечує виконання всіх необхідних функцій.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів при розробці проекрованої системи

Згідно технологічного процесу, для виготовлення ріпакової олійної сировини вої олії необхідно виконати ряд операцій, виконання яких супроводжується виникненням певних виробничих небезпек та шкідливостей.

Особливо в цьому плані потрібно відмітити операції:

- очищення зерна олії на ситах;
- сушіння зерна;
- обрушення олійного насіння та відділення ядра від оболонки;
- подрібнення ріпакового насіння і продуктів його переробки;

Небезпека для обслуговуючого персоналу полягає, по-перше, в тому, що все використовуване обладнання відноситься до електроустановок, тобто машин, які живляться електричним струмом.

По-друге, під час виконання окремих технологічних операцій можливий вплив на обслуговуючий персонал високих температур, що може призвести до термічного або йому подібного травмування. Адже, наприклад:

- процес сушіння зерна відбувається при температурі 120-143°C (та при тискові 0,1 - 0,3 МПа);
- температура гарячого повітря на вході сушарки становить 110 °C тощо.

Крім того, під час роботи технологічного обладнання виникають певні рівні шуму та вібрації, тривалий вплив яких на робітників може призвести до порушень їхнього здоров'я.

Певний рівень безпеки використаного для виготовлення олії виробничого обладнання забезпечується дотриманням під час його експлуатації вимог відповідних нормативних документів, а саме: державних стандартів; галузевих стандартів; системи стандартів безпеки праці; галузевих правил по техніці

безпеки і промисловій санітарії; галузевих інструкцій по техніці безпеки і промисловій санітарії; інструкцій по експлуатації обладнання, а також технічних паспортів виробничого обладнання.

Обладнання, використане для виготовлення олії, має високий ступінь конструктивної складності. Тому безпека його експлуатації залежить від багатьох факторів. Однак в значній мірі вона залежить від дотримання термінів проведення таких заходів, як впровадження прогресивних правил технічного обслуговування обладнання; правильної організації паспортизації обладнання; ретельного обліку часу роботи обладнання; визначення структури ремонтних циклів окремих машин і агрегатів; проведення при ремонті заходів по модернізації обладнання, спрямованих на підвищення його надійності; проведення при ремонті заходів по модернізації обладнання, спрямованих на покращення умов праці; проведення при ремонті заходів, передбачених правилами техніки безпеки; дотримання періодичності контрольних випробувань стосовно заземлення обладнання, якості ізоляції, магістралей під певним тиском робочого середовища тощо; своєчасності проведення навчання і інструктажів з експлуатації використовуваного обладнання; періодичності перевірки знань персоналу з охорони праці.

Аналіз технологічного процесу виготовлення олії свідчить, що при експлуатації технологічного обладнання виникає ряд небезпечних та шкідливих виробничих чинників. Це перш за все:

- небезпека враження обслуговуючого персоналу електричним струмом;
- шум та вібрації від роботи обладнання;
- запиленість повітря виробничого приміщення,
- інші, менш важливі для здоров'я працівників.

Технологічне обладнання, яке використовується для виготовлення олії, відноситься до електрообладнання, оскільки живиться напругою 380 В змінного струму. Тому для безпечної його експлуатації потрібно передбачити високий ступінь захисту обслуговуючого персоналу від небезпеки враження електричним струмом.

По-перше, електробезпека забезпечується самою конструкцією електрообладнання, а, по-друге, передбачаємо організаційні і технічні методи захисту від враження працівників електричним струмом. Вимоги електробезпеки до конструкції виробничого обладнання для виготовлення олії відповідають вказаним в Правилах улаштування електроустановок, а також у стандартах і технічних інструкціях на аналогічні машини.

В якості основного заходу захисту працівників від враження електричним струмом вибираємо захисне заземлення. Захисне заземлення реалізовується за допомогою спеціального заземлювального пристрою. При цьому може використовуватися виносна і контурна система заземлення. Для заземлення вибираємо контурну систему заземлення, оскільки вона має кращі технічні показники порівняно з виносною і є більш надійною. При цьому еквівалентний опір заземлювального пристрою не перевищує допустимого нормативного значення, яке становить 4 Ом.

Передбачаємо також виконання додаткових заходів електробезпеки: струмоведучі частини апаратури закриті захисними кожухами, а провідники та кабелі живлення підведені безпосередньо до ввідного вимикача; індивідуальні кола живлення засобів автоматизації, керування, сигналізації монтуємо з підведенням до відповідних вимикачів і запобіжників, обминаючи зборки затискачів щита; прокладка проводів жмутами виконана з дотриманням наступних вимог: жмути проводів прокладені горизонтально і без перехрещень.

Розроблені заходи електробезпеки забезпечать безпечну експлуатацію виробничого обладнання по виготовленню олії і дозволить зменшити ймовірність виникнення виробничого травматизму.

Виконавши аналіз технічних паспортів використаного обладнання по виготовленню олії, приходимо до висновку, що найвищий шум не перевищує 65 дБ. Така величина шуму не перевищує допустимих нормативних значень для даного типу обладнання, яка становить 85 дБ. Тому особливих заходів захисту від шуму передбачати немає потреби, за винятком того, що стіни виробничого приміщення облицьовуємо звукопоглинальними плитами з мінераловатних плит з метою ще більшого зменшення рівня шуму.

Характеристики вібрацій, які виникають при роботі технологічного обладнання, використаного для виготовлення о, знаходяться в межах

допустимих значень для діапазону частот, характерного для даного типу обладнання: 63 - 120 Гц. Середньоквадратичне значення їх логарифмічного рівня значно нижче допустимого значення, визначеного по ГОСТ 12.1.012 – 88 “Вібрація, загальні вимоги безпеки” – 98 дБл і становить найбільше 83 Дбл (згідно паспортних даних виробничого обладнання). Однак обладнання встановлюємо на віброопори типу ОВ 30–2–2, що слугуватиме додатковим засобом, спрямованим на зменшення негативного впливу вібрацій.

Аналізуючи виробничі умови, приходимо до висновку, що приміщення в цілому відповідає вимогам нормативних документів щодо забезпечення необхідних метеорологічних умов виробничого середовища. Адже, згідно ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88, нормальними вважаються умови, за яких працівникам забезпечені як комфортні метеорологічні умови, так і необхідний ступінь чистоти повітря. У загальному випадку нормалізація параметрів здійснюється за допомогою комплексу заходів та засобів колективного захисту, які включають будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-гігієнічні, технічні та інші. Для даних умов найефективнішими з них є правильний вибір і організація вентиляції. Передбачаємо використання як природної, так і штучної систем вентиляції.

За рахунок використання системи загальнообмінної вентиляції метеорологічні умови у виробничому приміщенні відповідають таким нормативним вимогам:

- температура повітря: в холодний період року - 18 – 20 °С; в теплий період року - 21 – 23 °С;
- відносна вологість повітря – 40 – 60 %;
- рухливість повітря - 0,15 - 0,25 м/с.

При цьому забезпечуємо кратність повітрообміну, рівну 5.

Важливе значення для збереження здоров'я працівників має виробниче освітлення. Для освітлення передбачаємо використання як природного, так і штучного освітлення.

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення визначаємо по «Будівельних нормах і правилах» (СНиП 11-4-99). Приймаємо його рівним 1,0.

Штучне освітлення здійснюємо за допомогою газорозрядних ламп. Згідно вимог нормативних документів, для даних виробничих умов штучне освітлення забезпечує освітленість величиною 500 лк.

6.2 Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів

На початку 90-х років у США стала зароджуватися концепція, відповідно до якої збройні сили країни повинні мати не тільки ядерні і звичайні озброєння, але і спеціальні засоби, що забезпечують ефективну участь у локальних конфліктах без нанесення супротивнику зайвих втрат у живій силі і матеріальних цінностях.

До цієї спеціальної зброї американські військові фахівці в першу чергу відносять:

- засоби створення електромагнітного імпульсу (ЕМІ);
- генератори інфразвуку;
- хімічні склади і біологічні рецептури, здатні змінювати структуру базових матеріалів основних елементів бойової техніки;
- речовини, що виводять з ладу змащення і гумові вироби, викликають згущення пального;
- лазери.

В даний час основні роботи з розвитку технологій зброї не смертельної дії (ЗНСД) проводяться в керуванні перспективних досліджень міністерства оборони, Ліверморській і Лос-Аламоській лабораторіях міністерства енергетики, центрі розробок озброєння міністерства армії і т.д.

Найбільш близькі до прийняття на озброєння різні типи лазерів для осліплення особового складу, хімічні засоби для його знерухомлення, генератори ЕМІ, що негативно впливають на роботу електронної техніки.

Генератори ЕМІ (супер ЕМІ), як показують теоретичні роботи і проведені за рубежем експерименти, можна ефективно використовувати для виводу з ладу електронної й електротехнічної апаратури, для стирання інформації в банках даних і псування ЕОМ.

За допомогою ЗНСД на основі генераторів ЕМІ можливий вивід з ладу ЕОМ, ключових радіо й електротехнічних засобів, систем електронного запалювання й інших автомобільних агрегатів, чи підірвавши інактивація мінних полів. Вплив цієї зброї досить вибірково і політично цілком прийнятний, однак потрібна точна доставка його в райони поразення.

Незважаючи на визнання військово-політичним керівництвом США і НАТО неможливості перемоги в ядерній війні, різні аспекти вражаючого дії ядерної зброї продовжують широко обговорюватися. Так, в одному з розглянутих іноземними фахівцями сценаріїв початкового періоду ядерної війни особливе місце приділяється потенційної можливості висновку з ладу радіоелектронної техніки в результаті впливу на неї ЕМІ.

Вважається, що підірвавши на висоті близько 400 км тільки одних боєприпасів потужністю більш 10 Мт приведе до такого порушення функціонування радіоелектронних засобів у великому районі, при якому час їхнього відновлення перевищить припустимі терміни для вживання відповідних заходів.

По розрахунках американських експертів, оптимальною точкою підриву ядерних боєприпасів для поразки ЕМІ радіоелектронних засобів майже на всій території США була би точка в космосі з епіцентром у районі географічного центра країни, що знаходиться в штаті Небраска.

Теоретичні дослідження і результати фізичних експериментів показують, що ЕМІ ядерного вибуху може привести не тільки до виходу з ладу напівпровідникових електронних пристроїв, але і до руйнування металевих провідників кабелів наземних споруд. Крім того, можлива поразка апаратури, що знаходяться на низьких орбітах.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему управління технологічним процесом підготовки ріпакової олійної сировини для виробництва біопалива, яка включає в себе наступні виконані етапи:

- розробку функціональної схеми системи управління;
- вибір технічних засобів автоматизації;
- розробку мікропроцесорної схеми управління;
- підбір давачів та виконавчих механізмів;
- перевірка стійкості системи управління температурою;
- аналіз надійності автоматизованої системи керування;
- проектування системи візуалізації на базі SCADA-системи;
- питання охорони праці на виробництві та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Розроблена автоматизована система побудована на типовому олійному виробництві і призначена для оптимізації технологічного процесу та покращення керування технологічним процесом, підвищення якості продукції, зменшенні витрат електроенергії та супутніх матеріалів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 80 с.
2. Жупавлев А.М., Гозенпут Л.Д. Оборудование жироперерабатывающих предприятий. – М.: Пищевая промышленность, 1976.
3. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел. – М.: Пищевая промышленность, 1974.
4. Копейковский В.М. Технология производства растительных масел. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982
5. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. – М.:Колос, 1992.
6. Кошевой Е.П. Оборудование производства растительных масел. – М.:Агропромиздат, 1991.
7. Кошарский Б.Д. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. – М., машиностроение, 1976, с.873.
8. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – М., Энергия, 1980, с.512.
9. Каган Б.М., Сташин В.В. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики. – М.:Энергоатомиздат,1987.
- 10.Измерения в промышленности. Справ.изд. Под ред. П.Профоса. Пер. с нем. – М.:Металлургия, 1980, 648с.
- 11.Самотокін Б.Б. Лекції з теорії автоматичного керування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Житомир:ЖІТІ, 2001. – 508с.
- 12.А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.

13. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
14. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
15. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі : Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
16. І.Т. Стрепко, О.В. Тимченко, Б.В. Дурняк. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. – К.: Фенікс, 1998.
17. Рубан В.Я., Кирилук Н.И., Дедиков Э.А. Системное проектирование АСУ. - К.: Техника, 1983. – 136 с.
18. Пономарева К.В., Кузьмин Л.Г., Морев В.Н. Информационное обеспечение АСУ. - М.: Высшая школа, 1981. – 248 с.
19. Технично-експлуатаційна документація / розроб. К.Груб'як, С.Беляшка.- Свидницький завод промислового обладнання, 1978.- 124 с.
20. Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.
21. Губський А. І., Цивільна оборона.- К.: Міністерство освіти, 1995. - 216 с.
22. Пістун І.П., “Безпека життєдіяльності” – Суми: Університетська книга, 2000, - 302с.
23. Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Неотложные аварийные работы на коммунальных сетях в очаге ядерного поражения. – М. : Стройиздат, 1972.
24. Цивилев М.П. и др. Инженерно-спасательные и неотложные аварийно-восстановительные работы в очаге ядерного поражения. – М. : Воениздат, 1975. – 224с.
25. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Полковника В.С.Франчука. – Львів : Афіша, 2000. – 336с.