

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки
(повне найменування інституту, назва факультету)

Суднових електроенергетичних систем
(повна назва кафедри)

Рекомендовано до захисту

Завідувач кафедри СЕЕС

 к.т.н., доц. Обрубов А.В.
"05" червня 2026 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти "бакалавр"

на тему:

**"Проектні дослідження системи керування технологічним процесом
виготовлення біопалива"**

Виконав: студент IV курсу, групи 43013
напряму підготовки (спеціальності)

141 "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

 Кобізюк Олег Ігорович

(прізвище та ініціали)

 Керівник к.т.н., доц. Авдєєва О.А.

(прізвище та ініціали)

 Рецензент к.т.н., доц. Білюк І.С.

(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв 2026 р.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки
Кафедра Суднових електроенергетичних систем
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Напрямок підготовки 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

д. т. н., проф.

Волянська Я. Б.



"15" лютого 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кобізюк Олег Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Проектні дослідження системи керування технологічним процесом виготовлення біопалива.

керівник проекту (роботи) Авдєєва О.А., к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "22" квітня 2026 р. №286-уч.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) до 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) технологічна схема та елементний склад лінії з виробництва біопалива.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

4.1. Склад та робота лінії виготовлення біопалива.

4.2. Автоматизація лінії з виробництва гранул.

4.3. Розрахунок прес-гранулятора.

4.4. Розробка та дослідження автоматизованої системи керування вузлом грануляції.

4.5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1. Загальний вигляд прес-гранулятора.

5.2. Схема електрична принципова електропривода прес-гранулятора.

5.3. Структурна схема системи автоматичного регулювання вузла грануляції.

5.4. Схема каскадного ПІД-регулятора.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5	Авдєєва О.А.		
			3.06.2026

7. Дата видачі завдання 15.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Склад та робота лінії виготовлення біопалива. теми досліджень.	6.04.2026	виконано
2	Автоматизація лінії з виробництва гранул.	20.04.2026	виконано
3	Розрахунок прес-гранулятора.	7.05.2026	виконано
4	Розробка та дослідження автоматизованої системи керування вузлом грануляції.	21.05.2026	виконано
5	Охорона праці.	3.06.2026	виконано

Студент

(підпис)

Кобізюк О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

к.т.н., доц. Авдєєва О.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі розглядаються питання автоматизації технологічного процесу виготовлення біопалива на діючій лінії грануляції, з проведенням аналізу роботи встановленого обладнання та автоматики.

Основною задачею роботи є розробка автоматизованої системи керування подачі сировини в матрицю преса гранулятора, та дослідження налаштувань регуляторів лінії гранулювання лушпиння соняшника.

Виконано аналіз та виявлені недоліки в роботі системи подачі сировини в прес-гранулятор. Головний – відсутність буферної зони перед шнеком дозатором, нерівномірність подачі шнека дозатора, наслідком чого стала нерівномірна подача сировини в змішувачі та коливання навантажень на матрицю преса. Розроблено рішення, не змінюючи механічну частину лінії, встановити додатковий частотний перетворювач для регулювання подачі сировини в прес.

Ключові слова: лінія грануляції, електропривід, система керування.

ANNOTATION

The thesis deals with the automation of the technological process of biofuel production on the existing granulation line, with the analysis of the installed equipment and automation.

The main task of the work is to develop an automated control system for the supply of raw materials to the matrix of the granulator press, and to study the settings of the regulators of the granulation line of sunflower husk.

The analysis is performed and the shortcomings in the operation of the raw material supply system in the press granulator are revealed. The main one is the absence of a buffer zone in front of the auger dispenser, uneven supply of the auger dispenser, which resulted in uneven supply of raw materials in the mixer and fluctuations of loads on the press die.

A solution was developed, without changing the mechanical part of the line, to install an additional frequency converter to regulate the supply of raw materials to the press.

ЗМІСТ

ВСТУП	
1. СКЛАД ТА РОБОТА ЛІНІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БІОПАЛИВА	
1.1. Загальна характеристика лінії з виробництва гранул.....	
1.2. Вузол прийому лузги.....	
1.3. Вузол дроблення.....	
1.4. Вузол грануляції.....	
1.5. Вузол фасування.....	
1.6. Ділянка складування.....	
1.7. Вузол автоматизації і управління	
1.8. Захист від можливих аварійних ситуацій.....	
1.9. Обґрунтування теми досліджень	
2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛІНІЇ З ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛ.....	
2.1. Елементний склад системи автоматики	
2.2. Робота лінії в налагоджувальному режимі.....	
2.3. Робота лінії в автоматичному режимі.....	
2.4. Загальна автоматизація підприємства.....	
3. РОЗРАХУНОК ПРЕСА-ГРАНУЛЯТОРА.....	
3.1. Загальні відомості про процес пресування.....	
3.2. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора з кільцевою матрицею.....	
3.3. Кінематично-силовий та енергетичний розрахунок прес-гранулятора з кільцевою матрицею.....	
3.4. Енергетичний розрахунок.....	
3.5. Визначення основних параметрів горизонтально-лопатевого змішувача.....	
4. ПРОЕКТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВУЗЛОМ ГРАНУЛЯЦІЇ.....	
4.1. Основні аспекти та вимоги проектного дослідження	

Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

141.43013.БР.ПЗ

Лист

4.2.	Класифікація автоматичних регуляторів.....	
4.3.	ПІД-регулятор лінії гранулювання.....	
4.4.	Регулювання температури суміші в змішувачі.....	
4.6.	Організація автоматичного регулювання подачі подрібненої маси в прес-гранулятор.....	
4.7.	Організація каскадного регулювання.....	
4.8.	Метод автономного налаштування регуляторів.....	
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ	
5.1.	Система управління охороною праці на підприємстві.....	
5.2.	Охорона праці та техніка безпеки.....	
5.3.	Автоматична пожежна сигналізація.....	
5.4.	Вибір технічних засобів і місця установки.....	
5.5.	Шлейфи пожежної сигналізації, сполучні і пожежні лінії установки пожежної сигналізації.....	
5.6.	Радіомоніторинг.....	
	ВИСНОВОК	
	ЛІТЕРАТУРА	

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку економіки України одним із головних напрямків є технології, які забезпечують заощадження енергії та використання поновлюваних джерел енергії. Одним із вказаних джерел енергії є біопаливо під яким розуміють гранули з біологічних речовин, а саме соломи, деревини, лушпиння соняшника. У зв'язку із значним збільшенням ціни на класичні види палива (газ, нафтопродукти), багато великих підприємств зменшило обсяги виробництва енергоємної продукції. У якості приклада можна привести заводи з виробництва цементу, гірничо-збагачувальні комбінати, де газ використовувався в клінкерних пічках для сушіння сировини. Також і велика кількість малих підприємств змушені зменшити споживання газу, або інших енергоносіїв, та виключити частину своїх виробничих потужностей для дотримання встановленого ліміту. В той же час в Україні ще й досі викидаються на смітник багато відходів деревопереробної промисловості, листя, лушпиння соняшника та багато інших біологічних відходів.

Широке впровадження нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії є важливим фактором підвищення рівня енергетичної безпеки і зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля. На сьогодні в нашої країні відбувається розвиток біоенергетики, яка може забезпечити достатньо велику частину промисловості біопаливом власного виробництва і таким чином значно зменшити залежність вітчизняної економіки від імпорту газу та нафтопродуктів.

Технологічний цикл виробництва гранульованого біопалива складається з багатьох операцій, серед яких доставка сировини, сушіння, подрібнення, гранулювання, охолодження, пакування, але завдяки сучасним технологіям (побудові автоматичної лінії) виробництва усіма операціями управляє одна людина-оператор. Собівартість гранульованого біопалива вполовину дешевше ніж вартість газу за одиницю умовного палива. Головну частину в собівартості гранул складають сировина, електроенергія, та розхідні матеріали для обладнання.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є розробка автоматичної системи регулювання подачі сировини до прес-гранулятора на діючій лінії грануляції, на основі аналізу роботи встановленого обладнання та автоматики існуючого варіанта вказаної технологічної лінії.

Для досягнення означеної мети в роботі передбачається розглядання та вирішення наступних задач:

- аналіз недоліків, які виявлено під час експлуатації лінії грануляції;
- визначення напрямку та технічних засобів для усунення недоліків;
- розробка схемотехнічних рішень удосконалення автоматики з обґрунтуванням вибору та розрахунками необхідного додаткового обладнання;
- розробка заходів стосовно охорони праці на лінії грануляції.

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. СКЛАД ТА РОБОТА ЛІНІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БІОПАЛИВА

1.1. Загальна характеристика лінії з виробництва гранул

Лінія з виробництва гранул складається з наступних вузлів та ділянок.

1) Вузол прийому лузги соняшника, який розташовано на території заводу з екстракції олії (ОЕЗ). До складу вказано вузла входять засувка з дистанційним керуванням, майданчиковий вібратор, шнек подачі лузги з частотним регулюванням швидкості, прийомний зерновий клапан, вентилятори високого тиску, пневматична дорога довжиною $L = 120$ метрів.

2) Вузол подрібнення до складу якого входять циклони прийому лузги, буферний бункер перед дробленням, безпосередньо дробарки, а також система аспірації з циклонами та вентилятором з живильником.

3) Вузол грануляції до складу якого входять бункер для подрібненої лузги з вбудованим шнеком зворушувачем, і системою респірації, змішувачі, шнек-дозатор, прес-гранулятор з системами автоматичного змащення і подачі пари, охолоджувач, стрічковий конвеєр, норія, просіювач, скребковий конвеєр).

4) Вузол фасування до якого входять конвеєр, бункер для зберігання готової продукції, ваги-дозатор.

5) Ділянка складування площа якої складає 500 м^2 .

6) Вузол автоматики і управління [12].

Вся лінія з виробництва гранул і адміністративним відділенням знаходяться в одному приміщенні, за винятком вузла прийому лузги, який розташовано на естакаді і проходить по території ОЕЗ.

Опалення адміністративного та побутових приміщень, а також виробничих ділянок здійснюється від власної невеликої котельні.

Забезпечення виробництва електроенергією здійснюється від власної трансформаторної підстанції $2 \cdot 400 \text{ кВА}$, у складі якої мається конденсаторна установка, трансформатори ТР1, ТР2, та розподільчі пристрої РУ-0,4, РУ-6.

Водопостачання для господарський побутових потреб і системи пожежогасіння здійснюється від міського водопроводу трубами з електронними

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

засувками, які спрацьовують при отриманні сигналу від протипожежної сигналізації.

Водовідведення відбувається в каналізаційну систему заводу. Відведення талих і зливних вод здійснюється в канаву, яку створено на території підприємства для вказаних нужд. Лінія грануляції забезпечена необхідними під'їзними шляхами до складських приміщень, і внутрішньо-цехових проходів, які з'єднують виробництво зі складом.

Гранули фасуються в великих упаковках та накопичуються на складі для подальшої відправки до споживачів. Відправка продукції здійснюється автомобільним або залізничним транспортом.

Якість готової продукції контролюється спеціалізованою лабораторією, яка видає відповідний сертифікат.

Підприємство працює цілодобово у двох-змінному режимі, без вихідних. Обладнання лінії грануляції забезпечує продуктивність у 3,0 т/год.

1.2. Вузол прийому лузги

Лузга з бункера ОЕЗ по самопливу, через засувку надходить до шнека, який подає її в шлюзовий засув на зерновому клапані, який розташовано на естакаді в 10 метрах від місця забору. З зернового клапана повітряно-лузгова суміш по повітряній дорозі потрапляє до циклону для нейтралізації і до циклону додаткової очистки. Весь процес відбувається без контакту сировини з навколишнім середовищем, очищення повітря з повітряної дороги відбувається за допомогою двох циклонів.

1.3. Вузол подрібнення

Вузол дроблення включає в себе буферний бункер, дві дробарки А1 ДМ2Р 110, які зображено на рис. 1.1, з шлюзовими затворами, прийомний короб, систему распірації (трубопровід, циклон, вентилятор).

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.1. Дробарка А1 ДМ2Р 110

Розглянемо технічні характеристики дробарки А1 ДМ2Р 110.

Технічна продуктивність т/год, не менш:

- при отриманні 4-ї групи величини: 4,5;
- при отриманні 3-ї групи величини: 3,5;
- при отриманні 2-ї групи величини: 2,5.

Частота обертання ротора складає 1500 об/хв.

Сумарна встановлена потужність складає не більше ніж 110 кВт.

Габаритні розміри дробарки: довжина – 1800 мм; ширина – 1250 мм; висота без розрядного пристрою і приймального патрубку складає 1950 мм.

Лузга з бункера потрапляє через шлюзовий затвор до молоткової дробарки, де вона подрібнюється і через сита подається в приймальний короб. З короба через трубопровід подрібнений продукт піднімається в циклон, після осідання в якому через шлюзовий затвор потрапляє в бункер-накопичувач. Надмірно очищене повітря через вентилятор викидається до атмосфери.

1.4. Вузол грануляції

Вузол грануляції включає бункер накопичувач подрібненої сировини, з вбудованим шнеком-зворушувачем, який запобігає злежуванню лузги. З бункера подрібнена сировина через шнек-дозатор подається в змішувач, де вона зволожується за допомогою пари і перемішується, зі змішувача вона потрапляє в дозатор-закидувач після цього дроблена лузга потрапляє в матрицю

гранулятора ГТ-520, де під впливом роликів подрібнена сировина продавлюється через отвори матриці. Загальний вигляд гранулятора зображено на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Гранулятор ГТ-520

Розглянемо технічні характеристики гранулятора ГТ-520:

Потужність приводів, кВт:

- преса - 160;
- змішувача - 7,5;
- дозатора - 2,2;
- пристрою примусової подачі - 1,1.

Габаритні розміри (ВхLхН), мм: - 2350 х 3000 х 2410.

Маса, кг: - 6000.

Продуктивність прес-гранулятора в межах: - 2 ÷ 3,5т.

Під впливом високого тиску і температури в пресованій суміші утворюється лігнін, який скріплює дрібні частинки надаючи гранулам міцність. Але на виході з матриці гранула виходить при температурі в 90°C і не має необхідної міцності. Для охолодження гранула потрапляє на стрічковий конвеєр, який доставляє її в колону норії. У норії відбувається часткове охолодження гранул, основне охолодження відбувається в спеціальному охолоджувачі ГТО 19х19 (рис. 1.3), де падаючі гранули охолоджуються потоком повітря.



Рис. 1.3. Охолоджувач ГТО 19х 19

Технічні характеристики охолоджувача ГТО 19х 19:

Габаритні розміри (ширина х довжина х висота): -2530х2000х3030.

Площа зони охолодження: -3,6 м².

Встановлена потужність приводу: -3,0 кВт.

Досягнувши необхідної температури гранули потрапляють до просіювача (вібросито) БСХМ-16, загальний вигляд якого зображено на рис. 1.4, в результаті чого з них видаляються дрібні частинки і пил.

Технічні характеристики просіювача БСХМ-16:

Продуктивність, т/год:

- у млинному режимі -16;

- у елеваторному режимі -60.

Ефективність очищення, %:

- у млинному режимі - 75;

- у елеваторному режимі - 20;

- установлена потужність, кВт: - 0,74.

Витрата повітря, м³/год: - 5400.

Габаритні розміри, мм:

- висота - 1856;

Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

141.4301з.БР.ПЗ

Лист

- ширина	- 1690;
- довжина	- 2700.
Маса, кг:	- 690.
Розмір аспіраційних отворів:	- 430.



Рис. 1.4. Просіювач БСХМ-16

Дрібні частинки через систему аспірації потрапляють в бункер-накопичувач. Очищена та охолоджена гранула скребковим конвеєром подається в бункер готової продукції.

1.5. Вузол фасування

Вузол фасування складається з бункера готової продукції для накопичення 4-5 тон готової продукції, скребкового конвеєра, який подає продукцію на ваги-дозатор Норма-СМК2-ТМ, загальний вигляд якого зображено на рис. 1.5.

Технічні характеристики ваг дозатора Норма-СМК2-ТМ:

Максимальна продуктивність, т/год:	- 8.
Час завантаження в 1т, сек.:	- 300.
Мінімальна доза, кг:	- 100.
Максимальна доза, кг:	- 1500.

Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

141.43013.БР.ПЗ

Лист

Відхилення від заданої дози, %:	- 0.1.
Висота дозатора:	- 2 800...4 500 мм.
Тиск стисненого повітря, МПа:	- 0.8.
Витрата стисненого повітря, не більше, м3/ч:	- 4.
Споживана потужність, не більше, Вт:	- 60.



Рис. 1.5. Ваги дозатор Норма-СМК2-ТМ

Ваги-дозатор в автоматичному режимі зважують і висипають в великі мішки встановлену вагу. Набрані мішки навантажувачем відвозять і складають в декілька ярусів на складі готової продукції.

1.6. Ділянка складування

Ділянка складування являє собою закрите приміщення с загальною площею 500 м² та висотою 6 м, природною вентиляцією через встановлені дефлектори, штучним освітленням, протипожежним сухотрубом,

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

протипожежними водорозбірними кранами з стовбурами і рукавами в ящиках. Склад обладнан системою протипожежної сигналізації і дистанційним управлінням засувкою подачі води в сухотруб. Перед складом мається майданчик для завантаження транспорту.

1.7. Вузол автоматизації і управління

Вузол автоматизації і управління знаходиться у виробничому приміщенні у вигляді вбудованої заскленої кімнати, яка ізолює оператора від шуму та інших шкідливих факторів виробництва. Вказане приміщення обладнане системою опалення, вентиляції і шумоізоляції. У ньому розташована сенсорна ЖК панель та пульт управління та шафа з електрообладнанням системи автоматики. У шафу автоматики заводяться кабелі від датчиків і виконавчих пристроїв, розташованих на різних ділянках і агрегатах лінії грануляції. В шафі розташовані джерела живлення, мікроконтроллер, частотний перетворювач, інтерфейсні модулі, проміжні реле.

Лінія грануляції може працювати в двох режимах. В режимі ручного керування команди в будь-якій послідовності подаються на виконавчі пристрої з панелі оператора без обліку стану датчиків, за винятком датчиків блокування і безпеки. В автоматичному режимі команди виконуються автоматично за запрограмованим алгоритмом, по ділянкам (вузлам).

1.8. Захист від можливих аварійних ситуацій

Аварійні ситуації, які можуть впливати на технологічних процес та навколишнє природне середовище, можливі при відключенні електроенергії у випадку стихійного лиха, вибуху, або при виникненні пожежі.

На підприємстві застосовуються автоматичні системи управління технологічними процесами, системи дистанційного контролю, управління та системи автоматичного регулювання.

Проектом підприємства передбачені системи та заходи від можливих аварійних ситуацій, система автоматичної пожежної сигналізації та система

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

оповіщення про пожежу. Вказані системи призначені для виявлення пожежі, формування управляючих сигналів для автоматики керування лінією грануляції, увімкнення системи сповіщення про пожежу та передачі сигналів на пункт централізованого нагляду.

Над входами в будівлі на ділянках виробництва і в запилених приміщеннях передбачено світлозвукові сповіщувачі.

Для зниження пожежної безпеки ділянок проектом передбачаються наступні профілактичні заходи:

- видалення пилу з виробничих приміщень (прибирання);
- аспірація всього працюючого обладнання;
- періодичне очищення воздухопроводів від накопичення всередині пилу;
- утримання в справному стані технологічного, транспортного і аспіраційного устаткування, електроустаткування;
- проведення необхідних робіт по очищенню магнітних сепараторів, а в разі потреби їх замни;
- проведення навчання робітників і технічного персоналу.

Все технологічне, транспортне, аспіраційне обладнання, продуктопроводи, повітропроводи, розміщені в приміщеннях з вибухо-пожежо-небезпечним виробництвом, мають заземлення. Передбачений також загальний контур заземлення.

Передбачено блокування технологічного і транспортного обладнання з аспіраційними установками, а також автоблокування приводів груп обладнання, яке виключає можливість завалів і підпирання продукту при запусках та зупинках.

На норіях передбачене встановлення реле контролю швидкості і датчиків підпору. На подрібнювачах і норіях передбачено встановлення взриво-розряджувачів.

Вентиляційні системи з'єднані з системою оповіщення про пожежу і автоматично відключаються за її командою. Проектом передбачені

наступні системи пожежогасіння: внутрішня - від пожежних кранів і зовнішня - від гідрантів, а також заземлення устаткування і захисні заходи електробезпеки.

Електричні мережі всіх видів у виробничих приміщеннях захищені від короткого замикання і перевантажень. На всіх електродвигунах передбачений захист від короткого замикання.

У всіх виробничих приміщеннях є аварійне освітлення, яке необхідне для забезпечення евакуації людей. Воно приєднане до власної мережі, яка не залежить від мережі робочого освітлення.

Грозозахист виконується за допомогою блискавковідводів.

1.9. Обґрунтування теми досліджень

Лінію з виробництва біопаливних гранул побудовано на сучасному обладнанні з високим рівнем механізації та автоматизації технологічного процесу. Використання конвеєрів у комбінації з пневмотранспортом забезпечує повністю замкнений цикл виробництва без використання ручної праці. Але не зважаючи на це фактична максимальна потужність виробництва сягає лише шістдесят відсотків від запланованої. Метою даної роботи є аналіз організаційних та технологічних процесів, з розрахунком максимальної потужності окремих вузлів лінії, для виявлення можливих недоліків в роботі обладнання, шляхів поліпшення роботи як окремих вузлів так і всієї лінії в цілому.

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛІНІЇ З ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛ

Виходячи з безперервного циклу основних виробничих процесів, в проєкті передбачено встановлення автоматичної лінії гранулювання. Подача сировини і передача продукту з операції на операцію виконується конвеєрним способом, елеватором, і системою пневмотранспорту. Все означене забезпечує високий технічний рівень виробництва і скорочує питому вагу ручної праці робітників.

Система автоматичного управління технологічною лінією забезпечує:

- програмний автоматичний запуск і зупинку усіх механізмів в необхідній послідовності;
- підтримку захисних і аварійних блокувань;
- автоматичне регулювання і контроль технологічних параметрів;
- можливість дистанційного автоматичного управління;
- індикацію роботи обладнання і параметрів, що контролюються.

Технологічне обладнання оснащене засобами автоматичного контролю технологічних параметрів: тиску, температури, рівня, струму.

2.1. Елементний склад системи автоматики

Основою системи автоматичного управління лінією грануляції є програмний логічний контролер (ПЛК) MITSUBISHI MELSEC FX3U (рис. 2.1), спільно з модулями розширення FX2N-48ET ES, спеціальними аналоговими модулями FX3U-4AD, модулями позиціонування FX3U-20SSC-H, адаптерними модулями FX3U-4AD-ADP, дисплейним модулем FX3U-7DM, який забезпечує автоматичне управління процесом грануляції [1].

Технічні характеристики MITSUBISHI MELSEC FX3U [2]:

- живлення - 24 V DC / 100-240 V AC;
- кількість входів – 32;
- кількість виходів – 32;
- типи виходів - реле / транзистор (перемикаючий на плюс) ;

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- споживана потужність – 40 Вт / 45 ВА;
- вага – 1,0 кг;
- розміри (Ш х В х Г), мм - 220х90х86.



Рис. 2.1. Програмний логічний контролер MITSUBISHI MELSEC FX3U

Лінію грануляції оснащено пристроєм ступеневого пуску двигунів дробарок з перемиканням схеми з'єднання обмотки статора з "трикутника" на "зірку", для зменшення пускового струму і зниження навантаження на вузли дробарки. Спочатку схема за допомогою пускачів збирається у "зірку", а при досягненні двигуном необхідних оборотів відбувається перемикання в "трикутник" схему керування зображено на рис. 2.2.

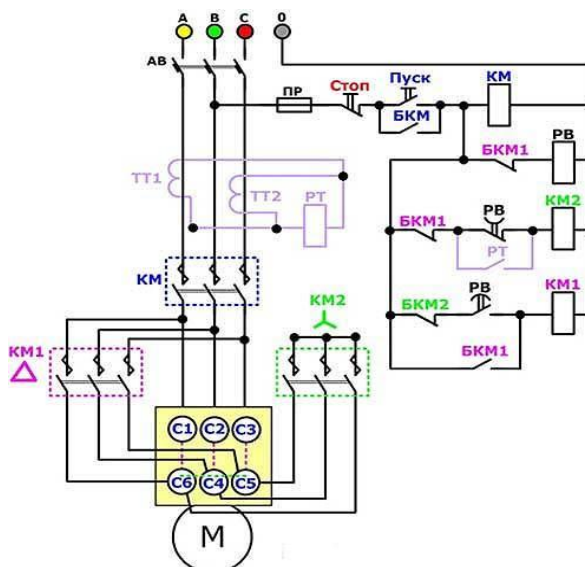


Рис. 2.2. Схема пуску двигуна з перемиканням обмотки "зірка-трикутник"

Час, необхідний для розгону встановлюється за допомогою реле часу. Всі елементи управління і автоматики дробарками розташовано в шафі СП2.

Для плавного пуску двигуна преса-гранулятора використовується пристрій плавного пуску фірми Lovato ADX-B, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Пристрій плавного пуску

Технічні параметри пристрою:

- вхідна напруга - $208...500 \text{ VAC} \pm 10\%$. (ADX...B і BP);
- частота мережі - $50/60 \text{ Hz} \pm 5\%$;
- допоміжна напруга - $208...240 \text{ VAC} \pm 10\%$;
- споживання допоміжних кіл – 20 VA ;
- номінальний струм пристрою I_n - $22...231 \text{ A}$ (ADX...BP);
- струм двигуна - $0.5...1 I_n$;
- тривалий струм перевантаження - $105\% I_n$;

Пристрій плавного пуску забезпечує виконання наступних функцій.

- Стоп-Старт керування: через цифровий вхід, керування аналоговим виходом і контролем величини моменту.
- Пусковий метод: контроль моменту і контроль за струмом.
- Зупинний метод: вільний хід, зупинку з управлінням моментом і динамічне гальмування.
- Запис даних: час роботи двигуна і кількість часу до чергового обслуговування.

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Діагностування несправностей: запис останніх 20 сигналів і/або подій, кожна з фіксацією дати і часу в пам'яті.

- Керування обхідним контактором: зупинка двигуна при порушенні режиму роботи і виявленні помилки при тесті.

Пристрій також забезпечує захист за наступними параметрами.

За напругою живлення: напруга занадто мала.

За енергопостачанням: невірна послідовність фаз, обрив фази, висока частота.

Захист двигуна: висока температура, блокування двигуна, асиметрія струму, довгий пуск і малий момент.

Пускач: висока температура, високий струм, невірне спрацювання обхідного контактора.

Аналогові входи і виходи: 24 V DC захист від короткого замикання.

Для керування шнеком-дозатором використовується частотний перетворювач фірми MISUBISHI PROSTAR, який зображено на рис. 2.4 [2].



Рис. 2.4. Частотний перетворювач MISUBISHI PROSTAR

Розглянемо технічні характеристики частотного перетворювача.

Вихідні параметри:

- потужність електродвигуна, кВт – 2,2;
- номінальний струм, А – 4,8 (5,3) ;
- перевантажувальна здатність – 200 % протягом 0,5 сек, 150% протягом 1 хвилини;

- захист від перевантаження – за допомогою контролю величини вихідного струму;

- вихідна трифазна напруга – від 0 В до вхідної напруги (налаштовується); вихідна частота – 0,5...120 Гц;

- спосіб управління – U / f -управління з автоматичною компенсацією навантаження;

- спосіб модуляції – Синусоїдальний ШІМ, "м'який" ШІМ;

- частота модуляції, що програмується – 0,7...14,5 кГц;

- пристрій гальмування – зовнішня опція гальмування;

Вхідні параметри:

- вхідна напруга – 3 фази ~380 – 480 В (-15% / +10%);

- частота струму – 50 / 60 Гц $\pm 5\%$

- сигнали завдання швидкості аналогові – 0 - 5 В, 0 - 10, 4 - 20 мА;

- сигнали завдання швидкості цифрові: через пульт управління або RS 485;

- стартовий сигнал – старт у прямому напрямку, старт у зворотному напрямку;

- скидання захистів – зовнішній сигнал скидання після спрацьовування захисту;

- уставки швидкості – може бути встановлено 15 фіксованих величин швидкостей;

- другий набір параметрів – вибирається зовнішньою командою;

- jog режим – вмикається з пульта керування;

- тип логіки – позитивна або від'ємна логіка, обирається користувачем; налаштування і управління:

- залежність – U / f налаштовується;

- час розгону / гальмування – настроюється від 0 до 999 секунд;

- рівень обмеження струму налаштовується від 0 до 200%;

- стартовий момент – налаштовується;

- електронне термореле – налаштовується номінальний струм;
- електромагнітна сумісність – при використанні з фільтром, відповідає стандарту EN500081;
- клас захисту – IP 20;
- температура навколишнього середовища – від -10 до +50°C.

Розглянемо функції, які забезпечуються пристроєм.

- ПІ-регулювання, вбудований ПЛК для простих задач, програмовані входи і виходи (як аналогові та цифрові), завдання частоти через рахунковий вхід, функція "коливальної частоти", підтримка заданого навантаження, утримання напруги на виході у разі зміни напруги живлення.

- Функції захисту: зниження напруги, перенапруга, перевантаження, коротке замикання, блокування двигуна, перегрів двигуна, перегрів перетворювача, захист від зміни параметрів.

Для контролю температури подрібненої сировини в змішувачі гранулятора застосовано термоперетворювач TSM1-3-50M, який разом з терморезистором, встановленим на виході змішувача, ПІД-регулятором контролера, і паровою засувкою з електричним управлінням, забезпечує регулювання температури подрібненої суміші перед грануляцією.

Для контролю працездатності конвеєрів, норії, шлюзових затворів застосовано індуктивні датчики контролю швидкості (ДКШ). Сигнали з ДКШ при справному, працюючому обладнанні, надходять на ПЛК, далі на панель оператора (індикація) і на виконавчі пристрої, які дозволяють або забороняють роботу обладнання. Застосування ДКШ забезпечує своєчасне відключення обладнання при блокуванні (заклинюванні) механізмів, обриві стрічки або ланцюгів. При цьому відбувається виведення індикації стану на панель оператора.

2.2. Робота лінії в налагоджувальному режимі

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЛК дозволяє роботу лінії грануляції в ручному режимі "Налагодження". Вказаний режим ілюструється рис. 2.5. Кожен механізм лінії запускається незалежно від стану датчиків і заданого алгоритму.

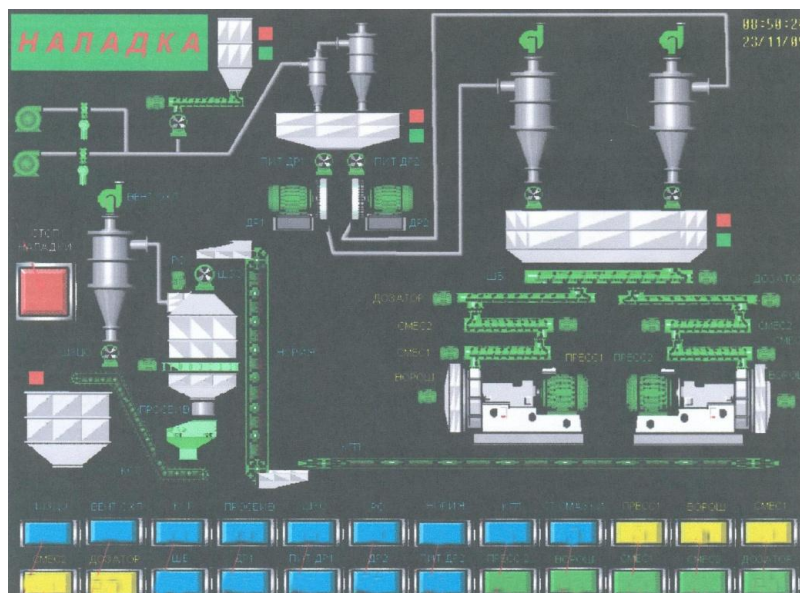


Рис. 2.5. Режим "Налагодження"

В даному режимі відбувається налаштування обладнання, вибір швидкості подачі сировини, налаштування ПІД-регулятора температури, регулювання кінцевих вимикачів на електричних засувках подачі сировини.

В ручному режимі обирається положення шибера, який регулює подачу сировини на дробарки (обмеження на максимальну продуктивність), налаштування рівнів розвантаження охолоджувача гранул, налаштування ваг дозатора Норма-СМК2-ТМ з встановленням ваги-дози в ковші, кількості доз. Усі команди вводяться з сенсорної панелі оператора, всі виконавчі елементи на мнемосхемі при включенні змінюють колір з червоного на зелений. Підтвердження про включення обладнання з виконавчих механізмів надходить на мікроконтроллер, а з нього на панель оператора.

У режимі "Налагодження" не працюють датчики струму навантаження дробарок, і датчик струму навантаження двигуна преса-гранулятора тому перевищення зазначених навантажень призведе до спрацювання штатного

захисту встановленого на пускових пристроях (контакторах). На це слід звертати увагу при роботі в ручному режимі.

2.3. Робота лінії в автоматичному режимі

Після режиму "налагодження" схема переводиться в автоматичний режим "автомат" (рис. 2.6.) натисканням на мнемосхемі кнопки "АВТОМАТ".

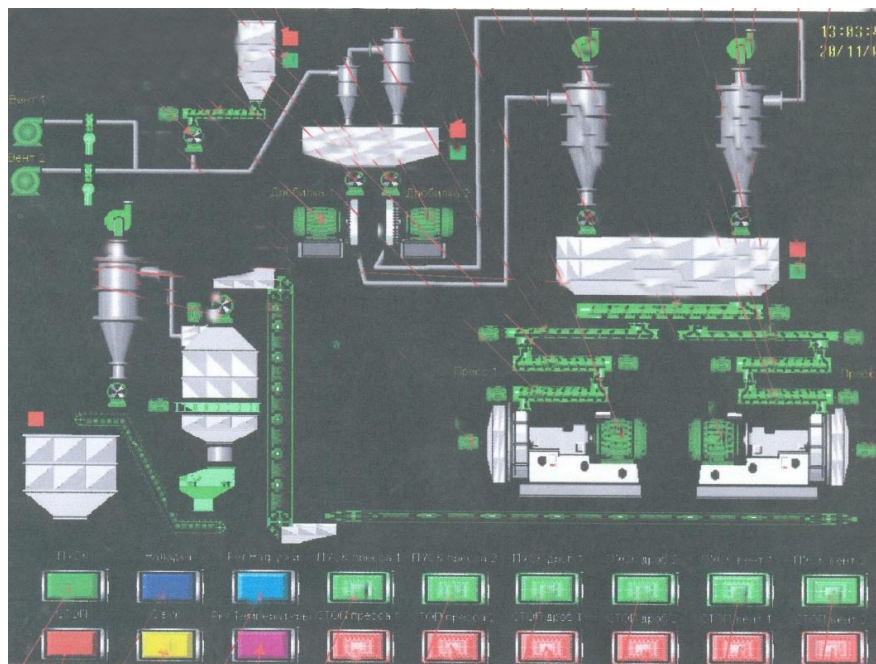


Рис. 2.6. Автоматичний режим "АВТОМАТ"

Контролер FX3U виконує тест стану системи, визначає стан датчиків і кінцевих вимикачів, стан системи пожежної безпеки і при відповідності заданим уставкам дозволяє вмикання лінії грануляції. Відбувається спрацьовування попереджувальної сигналізації і автоматичний запуск обладнання ділянок.

Першим до роботи запускається вузол забору сировини. Контролер перевіряє стан положення ножового затвора НЗ-300 з електроприводом засувки, вентиляторів високого тиску ВВД-9. У зв'язку з важким пуском і високими пусковими струмами, проводиться вакуумування вентилятора, тобто запуск вентилятора пневматичної траси при закритому затворі. Контролер опитує кінцеві вимикачі і при відкритій засувці надає команду "закрити засувку", підтвердженням виконаної команди є відповідь з кінцевого вимикача положення засувки. Подається команда на вмикання вентилятора, спрацьовує

пускова апаратура в шафі автоматики і вентилятора і через 30 секунд після пуску подається команда на реверс засувки, починає відкриватися ножовий затвор, зупинка якого відбувається за командою кінцевого вимикача. Протягом 40 секунд проводиться продувка пневматичної траси, після чого поетапно включаються привід шлюзового живильника RVC-35, підтверджуючий сигнал роботи передається з ДКШ на контролер, привід гвинтового конвеєра KB350-10 з датчиком підпору СУМ-1 У2, і відкривається електрична засувка бункера лузги. Датчики середнього рівня в бункері сировини призначені для дозволу пуску вузла забору сировини, при спрацьовуванні датчика нижнього рівня відбувається планова зупинка ділянки забору сировини, що запобігає роботі устаткування без сировини.

Другим етапом є запуск вузла подрібнення, він починається з запуску шлюзового затвора RV20/20 системи аспірації з під дробарки, після цього з затримкою в 5 секунд запускається вентилятор аспірації ВЦП 6-45. За командою контролера і сигналу нижнього рівня в бункері над дробарками відбувається запуск дробарки.

Дробарка А1 ДМ2Р-110 є реверсивною молотковою дробаркою, реверс дозволяє максимально використовувати молотки без розбирання дробарки, він здійснюється простим перемиканням пакетного перемикача в шафі автоматики. Для зменшення пускового струму і навантаження на силові електрообладнання, по команді контролера автоматика збирає схему пуску в "зірку", після часу необхідного для розгону, визначається уставкою реле часу (від 0,3 до 90 секунд) схема перемикається в "трикутник". При працюючій дробарці вмикається шлюзовий живильник дробарки, відбувається подрібнення сировини і надходження її в бункер-накопичувач, який має об'єм 120м³. Бункер-накопичувач обладнано шнеком-зворушувачем, який перешкоджає злежуванню подрібненої маси і забезпечує її подання самопливом на шнек-дозатор [7].

Шнек-зворушувач працює в реверсивному режимі за циклом (40 – 10 – 40), де 40 секунд – робота, 10 секунд – зупинка, 40 секунд – реверс. Вказаний цикл запрограмовано в контролер і при роботі виводиться відповідна індикація.

Контроль рівня сировини в бункері здійснюється датчиками рівня сипучих матеріалів ІЛТ-1. З верхнього рівня контролер відключає вузол подрібнення, з нижнього рівня відбувається планова зупинка вузла гранулювання (з дотриманням черги відключення обладнання).

Запуск вузла грануляції починається з контролю датчиків бункера готової продукції, якщо верхній рівень не досягнутий, контролер включає скребковий конвеєр гранул КГ, сигнал підтвердження роботи надходить на контролер з ДКШ. Наступним включається вентилятор аспірації, через 30 секунд відбувається пуск просіювача ГТП-10. Після пуску просіювача включається вентилятор і аспірація охолоджувача ГТО, за датчиком верхнього рівня камери охолоджувача (дозволяючий сигнал - 0) включається розкидувач, шлюзовий живильник і норія, з нижнього рівня (дозволяючий сигнал - 1) відбувається розвантаження охолоджувача.

Сигнал логічної одиниці з датчика ДКШ норії є дозволом для пуску стрічкового конвеєра і вентилятора аспірації норії. Після надходження сигналу з ДКШ стрічкового конвеєра, контролер надає команду пристрою плавного пуску на запуск двигуна приводу преса.

Застосування пристрою плавного пуску дозволяє впевнено запускати електродвигун на номінальному робочому струмі. Поетапно з затримкою в 5...10 секунд відбувається вмикання електродвигунів шнека-докидувача, змішувачів шнека дозатора. Затримка вмикання необхідна для запобігання запресовування сировини в пристроях.

Всіма пристроями керує мікроконтролер, сигнали з якого надходять на блок проміжних реле і пускачі виконавчих пристроїв. На аналого-цифровий перетворювач (АЦП) контролера надходять аналогові сигнали датчиків струму, датчиків тиску системи змащення, термоперетворювача. В АЦП відбувається перетворення аналогового сигналу в цифровий код і подальша обробка контролером.

Вихідні команди з контролера видаються як у вигляді одиничних імпульсів для ввімкнення реле, так і у вигляді цифрового коду для роботи

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворювачів частоти. При необхідності сигнал з контролера можна отримати в аналоговому вигляді з цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) для управління електроприводом засувки пари, частотним перетворювачем шнека дозатора.

Датчик тиску пари у вигляді електро-контактного манометра (ЕКМ) надає інформацію у вигляді сигналу про тиск пари перед засувкою, при зниженні тиску нижче 2 кг/см^2 або вище 4 кг/см^2 спрацьовує аварійна світлова і звукова сигналізація і подача пари закривається відсічним електроклапаном.

Після усунення аварійного стану необхідно зробити скидання стану "АВАРІЇ". Даний тип аварії не приводить до зупинки усієї автоматичної лінії. Аварії порушення огороження, зупинки ДКШ, датчиків нижнього рівня дріб'язку сировини, верхнього рівня сировини у охолоджувачі призводять до зупинки лінії грануляції. Прослизання ременів на грануляторі контролюється ДКШ, який встановлено на шківі матриці, і призведе до зупинки преса.

При виникненні пожежі відбувається відключення усіх вентиляторів і аварійна зупинка лінії.

Планову зупинку в автоматичному режимі проводять за командою "СТОП" з сенсорної панелі. Зупинка починається у зворотному порядку:

- 1) вузол забору сировини (шнек, шлюзовий живильник, вентилятори, засувка);
- 2) вузол подрібнення (живильник, дробарка, вентилятор);
- 3) вузол грануляції (шнек-дозатор, змішувач, шнек докидувач, стрічковий конвеєр, норія, охолоджувач, просіювач, вентилятори охолоджувача і просіювача, скребковий конвеєр).

У зв'язку з підвищеними навантаженнями на підшипники роликів і матриці потрібно часте змащення даних вузлів, для цього програмою передбачена автоматична робота станції змащення. За вихідним сигналом ПЛК включається пневматичний привід насоса змащення, спрацьовують електричні клапани ділянок змащення, відбувається подача змащення. Тривалість циклу змащення залежить від пори року (зима або літо).

При зупинці преса відбувається автоматичне спрацьовування відсічного клапана пари.

Вузол фасування і зважування працює з застосуванням локальної автоматики не заведеної на ПЛК. Вказана система автоматики дає дозвіл на роботу скребкового конвеєра, зважування дози та підрахунку кількості доз.

У якості бункерного ваги-дозатора застосовується обладнання компанії "Механотрон" Норма-СМК2-ТМ, який має продуктивність до 8 т/год. Для роботи вагового механізму необхідна подача повітря з витратою до 10 м³/год. Повітря для роботи ваг і преса подається з компресора DENZEL-D350, який встановлено в окремому приміщенні.

2.4. Загальна автоматизація підприємства

Будівлю обладнано протипожежною сигналізацією, яку виведено на місцевий пульт і системою передачі даних через канал радіозв'язку на пульт чергового МНС. Протипожежна сигналізація має контроль шлейфів датчиків за зонами, контроль датчиків ручного вмикання, подання сигналів на світлову і звукову індикацію, вихід керуючих сигналів на відкриття засувки байпасу в колодязі врізання в магістральний водопровід, і на протипожежний сухотруб (у вихідному стані перебуває без води).

Електропостачання на лінію грануляції подається з трансформаторної підстанції 2х400 кВА. Трансформаторна підстанція обладнана автоматичною системою контролю обліку електричної енергії, яка дозволяє контролювати активну, реактивну потужність споживання електроенергії, будувати графіки, передавати дані через модем на сервер. До складу ТП входять РУ6 кВ (розподільний пристрій 6 кВ), дві камери з трансформаторами ТМ-400, розподільний пристрій (РУ) 0,4 кВ і двох конденсаторних установок.

В електричних колах при чисто активному навантаженні вектор струму співпадає за напрямом з вектором напруги. При індуктивному навантаженні струм відстає від напруги, при ємнісний – випереджає вектор напруги. Підприємство має здебільшого індуктивний характер навантаження, що

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

обумовлено роботою електродвигунів, компресорів, електромагнітів та ін. В цьому випадку знижується коефіцієнт потужності і для його підвищення необхідно підключати ємнісне навантаження, для рекуперації реактивної потужності та компенсації індуктивної складової навантаження.

Внаслідок застосування конденсаторних установок результуюче навантаження наближається до чисто активного і коефіцієнт потужності набуває максимального значення. Конденсаторні установки працюють в автоматичному режимі і компенсують реактивну потужність, при цьому знижуються загальні втрати споживачів. Наприклад, при підвищенні $\cos\phi$ з 0,5 до 0,9 зниження загальної потужності, що споживається становить 44%.

Для компенсації реактивної потужності встановлена конденсаторна установка УКМ-58 на 300 кВар, яка реагує на зміну $\cos\phi$ і підтримує його автоматично в заданих межах. Сигнал з трансформатора струму, який встановлено на шинопроводі після ввідного автомата, разом з напругою з трьох фаз подається на обчислювальний блок DCRK-7. Вихідний сигнал передається на контактори, які підключають банки конденсаторів КЕК, результат висвічується на дисплеї обчислювального блоку.

Для забезпечення теплового режиму в установці задіяна примусова вентиляція, яка включається по команді обчислювального блоку.

Впровадження системи автоматичного управління виробництвом забезпечило безпечну, безаварійну роботу устаткування, а також скоротило витрати на обслуговування лінії. Експлуатації лінії грануляції забезпечується трьома робітниками.

3. РОЗРАХУНОК ПРЕСА-ГРАНУЛЯТОРА

За своїми фізико-технологічними особливостями процес грануляції є достатньо складним і впливати на вказаний процес можна тільки за декількома параметрами. Перед початком пресування обрано параметри, що дозволяють налаштовувати устаткування для підвищення якості гранул. Вибір вказаних

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрів, в залежності від сировини і рецептури, необхідно виконувати ще при розробці преса або при заміні складових частин в існуючому устаткуванні.

3.1. Загальні відомості про процес пресування

Головною машиною в комплекті устаткування для гранулювання є прес-гранулятор. За принципом дії вказані пристрої поділяють на вальцові, шнекові і матричні. Найбільш розповсюдженими є матричні робочі органи які складаються з матриці з пресувальними каналами та пресувальних вальців [12].

Основними пресуючими органами преса-гранулятора є матриця і ролики. Процес пресування починається після того, як сировину буде розподілено на обидва ролика за шириною матриці з того моменту, коли "килим" пресованого продукту торкнеться ролика, процес пресування зображено на рис. 3.1.

Після того, як пресований продукт надійде і рівномірно розподілиться по поверхні матриці, починається завантаження продукту на матрицю в області обертання матриці, яку позначено як Зона I.

Зона II служить для рівномірного розподілу продукту по ширині матриці.

Зона III позначена у вигляді трикутника втягування, і є фазою процесу гранулювання, під час якої "килим" пресованого продукту сягає ролика пресування, втягується в трикутник, який утворюється між роликом і матрицею, ущільнюється і пресується за довжиною каналів пресування.

В зоні перебування IV якій гранули в каналі пресування подаються на наступний ролик пресування без подальшого зовнішнього впливу.

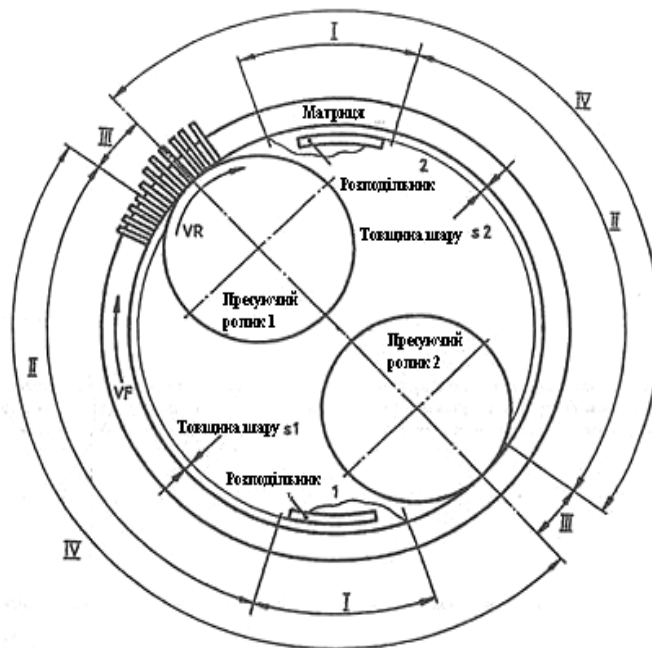


Рис. 3.1. Процес пресування: I – вхід сировини, II – розподіл сировини, III – стиснення з фазою пресування, IV – зона проходження гранул.

Гранули які знаходяться в каналі пресування просуваються повторно в зону III вперед на товщину "килима" продукту, який лежить на матриці, через пресований продукт, який був знову завантажений в зоні I і знову розподілений в зоні II. Ця операція буде повторюється поки гранули не будуть захоплені ножем-скидачем або вилучені з матриці за допомогою відцентрової сили.

На рис. 3.2 більш детально розглянуто процес, який відбувається в області трикутника втягування. Захоплений роликом пресований продукт за рахунок зменшення проміжку піддається підсиленому стисненню. Тиск на продукт в напрямку каналів пресування збільшується до моменту подолання опору тертя пробки продукту в каналі пресування.

Гранули переміщуються далі вперед на товщину стисненого в каналі пресування шару продукту. Величина тиску, який виникає в зоні стиснення залежить, в основному, від властивостей продукту, який пресується, форми отворів, а також їх стану.

Якщо шар продукту, який надійшов на ролик, підвищується за рахунок посиленої подачі пресованого продукту, настає момент, коли ролик буде вже не

в змозі втягувати пресований продукт. Товщина можливого шару продукту, який втягується залежить, у свою чергу, від якості сировини, опору каналу пресування і розмірів і форми зовнішньої поверхні роликів.

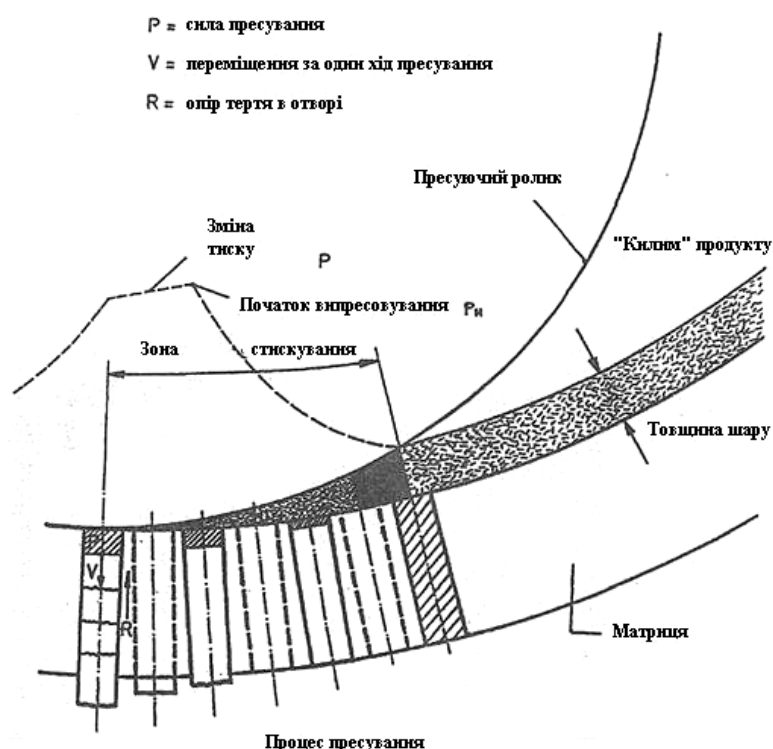


Рис. 3.2. Трикутник втягування

В трикутнику втягування, важливе значення має також величина кута втягування, який кут утворюється за допомогою дотичної, проведеної по відношенню до матриці і ролика через точку дотику шару продукту з роликом. В результаті досліджень було встановлено, що для лузги соняшника можна розраховувати кут втягування близько 12 градусів до того моменту, як пресований продукт почне накопичуватися перед роликом.

З рис. 3.3 видно, що продукт пресування постійно буде направлятися за шляхом найменшого опору. Це призведе до того, що деяка невелика кількість пресованого продукту постійно йде в бік між пресуючим роликом і матрицею, що викликає нерівномірний розподіл сили пресування. Залежно від якості пресованого продукту такий бічний відвід, а також кут втягування визначають максимальну пропускну здатність преса.

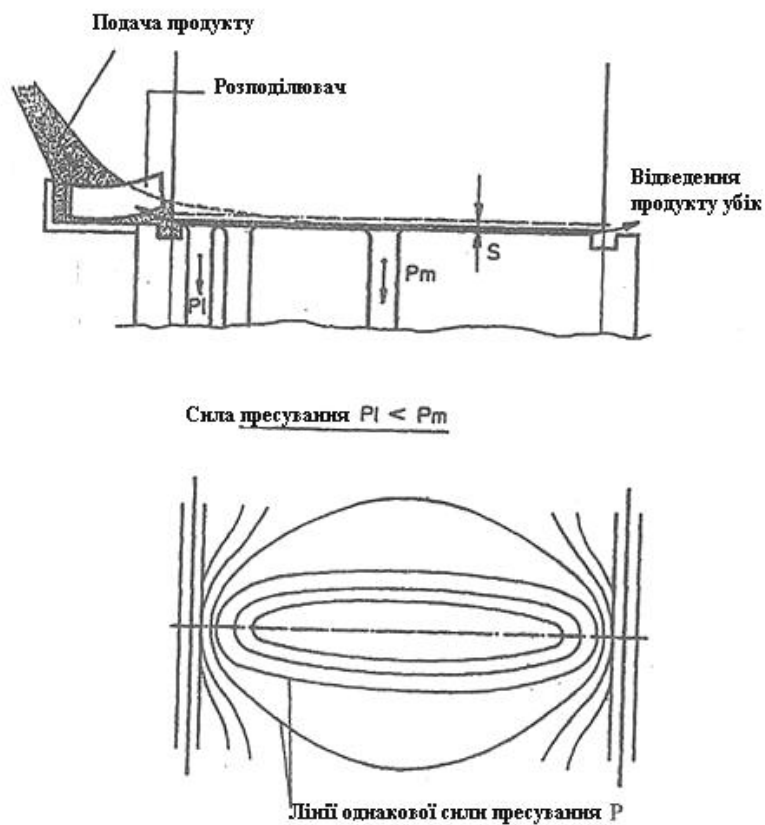


Рис. 3.3. Розподіл тиску за шириною каналу матриці прес-гранулятора

Зменшення відведення продукту в бік можна досягти за рахунок:

- бічного паза в матриці;
- зустрічного свердління зовнішнього ряду отворів;
- використання по можливості великих і шорсткуватих пресуючих роликів.

Також слід відзначити, що максимально пресований шар продукту з роликом залежить від:

- геометричних розмірів органів пресування;
- розмірів пресувального ролика;
- кута втягування;
- довжини і діаметру каналу пресування;
- стану каналу пресування.

3.2. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора з кільцевою матрицею

3.2.1. Технологічний розрахунок.

Визначимо річну потребу в гранулюванні сировини:

$$m=q\Pi=50000\cdot330=16500000 \text{ кг}, \quad (3.1)$$

де q – добова норма подачі сировини, кг/год.;

Π – тривалість періоду, протягом якого подається сировина.

Визначимо потрібну продуктивність прес-гранулятора:

$$Q = \frac{M}{3600DK_{зм}\tau_{зм}} = \frac{16500000}{360\cdot330\cdot12\cdot2\cdot0,8} = 0,723 \text{ кг/с} \quad (3.2)$$

де D – тривалість періоду гранулювання (приймаємо $D = 330$ днів);

$T = 12$ год – тривалість зміни;

$K_{зм} = 2$ – кількість змін;

$\tau_{зм} = 0,8$ – коефіцієнт використання робочого часу.

3.2.2. Конструктивний розрахунок.

Величина діаметру матриці порівняно до діаметру ролика пресування незначно впливає на процес пресування. При збільшенні діаметра матриці при незмінній ширині збільшується величина активної поверхні матриці, що впливає на продуктивність. Разом з цим, матриці з більшим діаметром дозволяють використовувати більші за розмірами ролики пресування.

Маленькі ролики можуть в початковому періоді прослизати (ковзання роликів), що призведе до жорсткої роботі преса. У зв'язку з цим преси-гранулятори з великими роликами є більш адаптивними, завдяки чому ними легше управляти.

Разом з тим, прослизання роликів є деякою мірою бажаним явищем, оскільки воно сприяє отриманню гранул кращої якості, але призведе до збільшення витрат енергії.

Значення для кута втягування визначається співвідношення між діаметрами матриці і роликів.

При дотриманні величини кута втягування в 12 градусів досягається максимальний шар продукту, який ще може бути втягнутий роликом. При зменшенні діаметра ролика відповідно буде зменшуватися шар продукту. Це

означає, що продуктивність преса при заданій кількості обертів матриці обмежується розмірами пресувального ролика.

Визначимо довжину каналу матриці (рис. 3.4):

$$L = \frac{d}{4f\varepsilon} \ln \left[\frac{1}{1 - \frac{1}{m-1} \left(1 - \frac{1}{\lambda_y^{m-1}} \right)} \right] = \frac{0,008}{4 \cdot 0,1 \cdot 0,1175} \cdot \ln \left[\frac{1}{1 - \frac{1}{3-1} \left(1 - \frac{1}{2^{3-1}} \right)} \right] = 0,08 \text{ м}, \quad (3.3)$$

де d – діаметр отвору матриці, м;

f – коефіцієнт тертя матеріалу о стінки каналу, $f = 0,1$;

ε – коефіцієнт бокового розпирання сировини в каналі, $\varepsilon = 0,1175$;

m – постійний коефіцієнт для сировини, яка гранулюється (для лузги соняшника вказаний коефіцієнт складає $m = 3$);

λ_y – ступінь ущільнення сировини

$$\lambda_y = \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{600}{300} = 2; \quad (3.4)$$

λ – задана густина гранул, кг/м^3 ;

λ_0 – густина сировини до гранулювання, кг/м^3 .

Визначимо величину радіусу матриці:

$$R = (2,0 \dots 3,5)r = 2,06 \cdot 0,126 = 0,260 \text{ м}, \quad (3.5)$$

де r – радіус вальця, м.

Загальне число каналів у матриці:

$$z = \frac{32Qt}{\Pi d^2 L \gamma \beta_3} = \frac{32 \cdot 0,7231}{3,14 \cdot 0,008^2 \cdot 0,08 \cdot 600 \cdot 0,95} = 2525, \quad (3.6)$$

де t – час перебування гранули в каналі матриці, с;

β_3 – коефіцієнт заповнення каналу сировиною ($\beta_3 = 0,95$).

Число каналів в одному ряду матриці:

$$Z_0 = 4\sqrt{3} \frac{K_n}{d^2} (\delta + d)(R + \Delta H) = 4\sqrt{3} \frac{0,5}{0,008^2} (0,003 + 0,008) \cdot (0,260 + 0,006) = 158, \quad (3.7)$$

де K_n – коефіцієнт перфорації матриці ($K_n = 0,5 \dots 0,6$);

δ – товщина перемички між суміжними каналами, (рис. 3.4) (приймається у межах $\delta = 0,002 \dots 0,005$ м);

ΔH – робочий ресурс спрацювання матриці за її радіусом, (рис. 3.4) (приймається у межах $\Delta H = 0,006 \dots 0,008$ м).

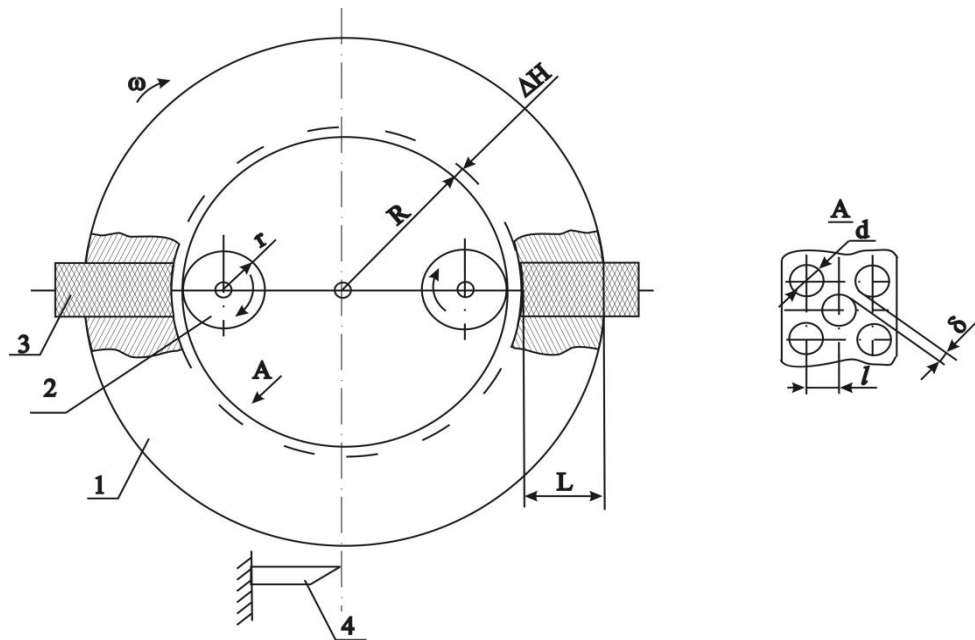


Рис. 3.4. Схема кільцевого прес-гранулятора:

1 – матриця, 2 – валець, 3 – гранула, 4 – ніж.

Число рядів каналів за шириною матриці:

$$Z_p = \frac{Z}{Z_0} = \frac{2525}{158} = 16, \quad (3.8)$$

Величина відстані між двома суміжними рядами:

$$L = \frac{\pi\sqrt{3}}{Z_0} = (R + \Delta H) = \frac{3,14 \cdot \sqrt{3}}{158} \cdot (0,260 + 0,006) = 0,008 \text{ м}. \quad (3.9)$$

Визначимо ширину матриці:

$$B = l \cdot (Z_p + 2) = 0,008 (16 + 2) = 0,144 \text{ м}, \quad (3.10)$$

Величина кута пресування одним вальцем (рис. 3.5):

$$\beta \leq \arcsin \frac{\sin \varphi}{\lambda - 1} = \beta \leq \arcsin \frac{\sin 15^\circ}{2,06 - 1} = 24^\circ, \quad (3.11)$$

де φ – кут тертя матеріалу поверхні матриці, град ($\varphi = 15^\circ$);

λ – відношення внутрішнього радіуса матриці до радіуса вальця

$$\lambda = \frac{R}{r} = \frac{0,260}{0,126} = 2,06. \quad (3.12)$$

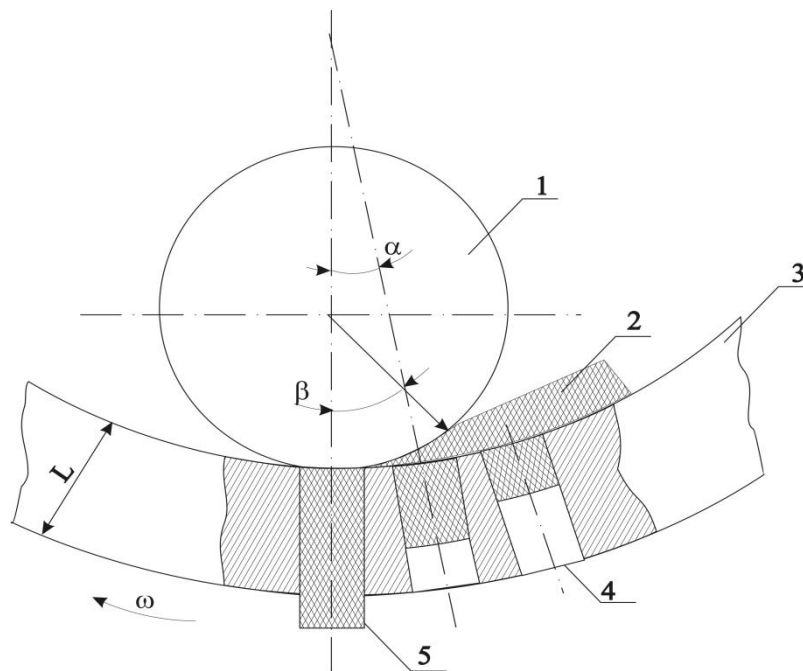


Рис. 3.5. Схема пресування матеріалу вальцем в кільцевій матриці:

1 – валець, 2 – матеріал, 3 – матриця, 4 – канал, 5 – гранула.

Кут між сусідніми каналами (рис. 3.5)

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z_k} = \frac{360}{2525} = 14^\circ \text{ град}, \quad (3.13)$$

Число каналів, які розміщено під кутом пресування

$$Z_n = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{17}{14} = 1,1. \quad (3.14)$$

Число каналів, в яких одночасно відбувається пресування гранул

$$Z_e = Z_n Z_p Z_v = 158 \cdot 16 \cdot 1,1 = 2528. \quad (3.15)$$

3.3. Кінематично-силовий та енергетичний розрахунок прес-гранулятора з кільцевою матрицею

3.3.1. Кінематичний розрахунок.

Швидкість обертання матриці безпосередньо впливає на величину споживання енергії та пропускну здатність преса-гранулятора.

При дослідженні впливу швидкості обертання матриці на споживання енергії встановлено, що при підвищенні швидкості обертання матриці питома витрата енергії лінійно збільшується, а саме підвищення швидкості обертання матриці на 1 м/с викликає збільшення величини споживання енергії на 0,6...0,8 кВт·год/т.

Очевидно, що при певних розмірах матриці і пресуючих роликів при підвищенні швидкості обертання матриці можлива пропускну здатність преса збільшується. Тобто занадто низька швидкість обертання матриці обмежує продуктивність преса і часто призводить до його забруднення, а також накопичення сировини на вході в прес.

Швидкість обертання матриці у більшості випадків незначно впливає на якість гранул. При підвищенні швидкості обертання матриці і збереженні продуктивності преса-гранулятора як пояснення тенденції до деякого поліпшення якості гранул слід прийняти відповідно більшу кількість разів зминання килима пресованого продукту.

Величина максимальної частоти обертання матриці:

$$n_{\max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sigma}{1(R+L)\gamma}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{1500}{0,016 \cdot (0,260 + 0,08) \cdot 600}} = 3,8 \text{ об/с}, \quad (3.16)$$

де σ – розривна міцність гранул, $\sigma = 1,3 \dots 1,7 \text{ кПа}$;

l – довжина гранул, $l = (1.5 \dots 2)d = 0,016 \text{ м}$;

d – діаметр каналу матриці, м;

R – радіус матриці, м;

L – довжина каналу матриці, м;

γ – задана щільність гранул, кг/м^3 ;

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до рекомендацій швидкість складає $n = 3...5$ об/с.

Розглядаючи конфігурацію матриці, одночасно мова має йти про час перебування продукту в каналі пресування, тобто час, який необхідний частці сировини з моменту її надходження до виходу з каналу пресування. Час перебування має величезне значення і є найбільш часто обирається параметром для впливу на якість гранул.

Час перебування залежить від:

- продуктивності преса, кг/год;
- обсягу каналу пресування, мм³;
- насипної ваги пресованої сировини, кг/дм³;
- числа каналів пресування.

На підставі вищевикладеного розглянемо можливість для зміни часу перебування.

Зниження продуктивності преса. Вказана можливість з економічних причин не є привабливою. Тому вона може застосовуватися з метою поліпшення якості гранул тільки в тих випадках, коли необхідно пресувати менші проміжні завантаження, для яких немає сенсу замінювати матрицю.

Збільшення активної довжини каналу пресування. В результаті цього використання більш товстої матриці є найбільш часто використовуваним заходом для одержання гранул кращої якості. Однак при цьому слід враховувати, що одночасно з цим збільшиться питома витрата енергії.

Збільшення числа каналів пресування. З енергетичної точки зору, однозначно, більш вигідним є збільшення часу перебування за рахунок збільшення числа каналів пресування порівняно з збільшенням довжини каналу пресування. Дослідження показали, що при цьому питома витрата енергії не підвищується, зрештою, навіть зменшується, максимальна температура кондиціювання не робить негативного впливу і знижується небезпека трамбування преса. Однак використання вказаного заходу обумовлює в більшості випадків переробку преса на застосування більш широкої і навіть більшої по діаметру матриці.

Визначимо середню швидкість переміщення гранул по каналу матриці:

$$V_{cp} = \frac{4Q}{K_n \lambda Z_B \pi d^2 Z_0} = \frac{4 \cdot 0,723}{0,5 \cdot 600 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,008^2 \cdot 158} = 0,15 \text{ м/с}, \quad (3.17)$$

де Q – продуктивність гранулятора, кг/с;

K_n – коефіцієнт перфорації матриці, $K_n = 0,06 \dots 0,07$;

λ – задана щільність гранул, кг/м³;

Z_B – кількість одночасно пресуючих вальців, шт;

d – діаметр каналу, м; Z_0 – число пересувних каналів, шт.

3.3.2. Силовий розрахунок.

Величина максимального тиску, який потрібно створити для отримання гранул з заданою щільністю:

$$P_{max} = C \left[e^{a(\gamma - \lambda_0)} - 1 \right] = 36(2,71^{5,2 \cdot 10^{-3} \cdot 600} - 1) = 0,108 \text{ МПа}, \quad (3.18)$$

де C і a – постійні коефіцієнти для заданого матеріалу, які характеризують його ущільнюваність (для лущиння соняшнику $C=36$ МПа, $a = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$).

Сила тертя, що виникає при переміщенні сировини по каналу:

$$F_{mp} = \pi f \frac{\mu}{1 - \mu} d L P_{max} = 3,14 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,31}{1 - 0,31} \cdot 0,008 \cdot 0,08108000 = 9,55 \text{ Н}, \quad (3.19)$$

де f – коефіцієнт тертя матеріалу об стінки каналу; μ – коефіцієнт Пуассона, $\mu = 0,29 \dots 0,31$; d – діаметр каналу, м; L – довжина каналу, м; P_{max} – максимальний осьовий тиск пресування, Па.

3.4. Енергетичний розрахунок

Необхідна потужність для переміщення гранул по каналам матриці:

$$N = \frac{F_{mp} V_r K_\phi Z_\epsilon K}{1000 \eta} = \frac{9,55 \cdot 0,15 \cdot 5 \cdot 25281,25}{1000 \cdot 0,98} = 23,1 \text{ кВт}, \quad (3.20)$$

де F_{mp} – сила тертя, що виникає в каналі при русі гранули, Н;

V_r – швидкість переміщення гранул в каналі матриці, м/с;

K_ϕ – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості сировини;

$K_\phi = 1,25$; Z_ϵ – число каналів, в яких одночасно пресуються гранули;

K – коефіцієнт перевантаження електродвигуна в момент пуску, $K = 1,25$;

η – ККД передачі, $\eta = 0,98$.

3.5. Визначення основних параметрів горизонтально-лопатевого змішувача

3.5.1. Технологічний розрахунок

Об'єм змішувачів, що забезпечують обслуговування одного преса-гранулятора:

$$V_0 = \frac{q_d m_n}{n_u \gamma \varphi_0} = \frac{3000 \cdot 1}{3 \cdot 600 \cdot 0,7} = 2,38 \text{ м}^3 \quad (3.21)$$

де: q_d – норма за годину видачі суміші, кг;

m_n – число грануляторів, шт; n_u – число циклів приготування суміші, шт;

γ – щільність суміші, кг/м³;

φ_0 – коефіцієнт використання об'єму змішувача (0,1...1);

Число змішувачів:

$$n_3 = \frac{V_0}{n_u} = \frac{2,38}{3} = 0,8 \approx 1, \quad (3.22)$$

Число змішувачів округлюють до цілого числа.

Об'єм одного змішувача:

$$V_3 = \frac{V_0}{n_3} = \frac{2,38}{1} = 2,38 \text{ м}^3, \quad (3.23)$$

Величина пропускної здатності одного змішувача:

$$Q = \frac{60 V_3 n_u \gamma \varphi_0}{T_u} = \frac{60 \cdot 2,38 \cdot 1 \cdot 600 \cdot 0,7}{1440} = 41,65 \text{ кг/хв}, \quad (3.24)$$

де T_u – цикл змішувача у приготування суміші.

3.5.2. Конструктивний розрахунок.

Довжина гвинта дорівнює довжині змішувача:

$$L = \frac{V_3}{BH} = \frac{2,38}{0,520 \cdot 0,845} = 5,4 \text{ м}, \quad (3.25)$$

де B і H – відповідно ширина і висота змішувача, м.

Співвідношення між вказаними величинами виражається коефіцієнтом:

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{H}{B} = 0,7 \dots 0,8 = \frac{0,520}{0,845} = 0,61 \approx 0,7. \quad (3.26)$$

Кількість лопатів, які розміщено на одній мішалці:

$$Z = \frac{360^\circ L}{S\beta} = \frac{360 \cdot 5,4}{0,2 \cdot 90} = 108, \quad (3.27)$$

де S – крок установки лопатів, м, для розрахунків приймаємо $S = 0,2$ м.

β – кутовий інтервал розміщення лопатів, град.

Число лопатів занурених одночасно:

$$Z_0 = \frac{L}{S} \left(\frac{180^\circ}{\beta} - m \right) = \frac{5,4}{0,2} \left(\frac{108}{90} - 1 \right) = 27, \quad (3.28)$$

При кутовому інтервалі розміщення лопатів $\beta = 45^\circ$ $m = 3$, при $\beta = 60^\circ$, $\beta = 72^\circ$ $m = 2$ і при $\beta = 90^\circ$ $m = 1$.

Таким чином за приведеними розрахунками визначено наступні величини: максимальна виробнича потужність пресу досягає 2,9-3,0 т/год; пропускна здатність змішувача 51,65 кг/с; термін дозрівання сировини перед грануляцією (впливає на якість гранули) 15 с; споживана потужність необхідна для пресування складає 143 кВт/год.

Отримані результати підтверджують правильність підбору вузла гранулювання за механічними параметрами. Наступним кроком проектного синтезу є дослідження впливу системи автоматичного регулювання на роботу лінії.

4. ПРОЕКТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВУЗЛОМ ГРАНУЛЯЦІЇ

4.1. Основні аспекти та вимоги проектного дослідження

Основним призначенням та завданням систем автоматичного регулювання є стабілізація параметрів технологічних процесів на заданому рівні, які можуть змінюватися під дією зовнішніх факторів, що впливають на об'єкт управління. Реалізацію вказаного аспекту забезпечує система автоматичної стабілізації. Другим важливим аспектом та завданням є забезпечення автоматичного переходу з одного режиму роботи на інший відповідно до заданої програми. Вирішення вказаного аспекту здійснюється за допомогою тієї ж системи стабілізації, завдання якої змінюється від програмного задатчика [15].

Структурну схему управління об'єктом системи автоматичного регулювання з одним контуром приведено на рис. 4.1. До вказаної схеми входять наступні елементи: ЗД – задатчик; ЕП – елемент порівняння; ОК – об'єкт керування; АР – автоматичний регулятор; ПП – підсилювач потужності; ВМ – виконавчий механізм; РО – регульований орган; НП – нормуючий перетворювач; Д – датчик.

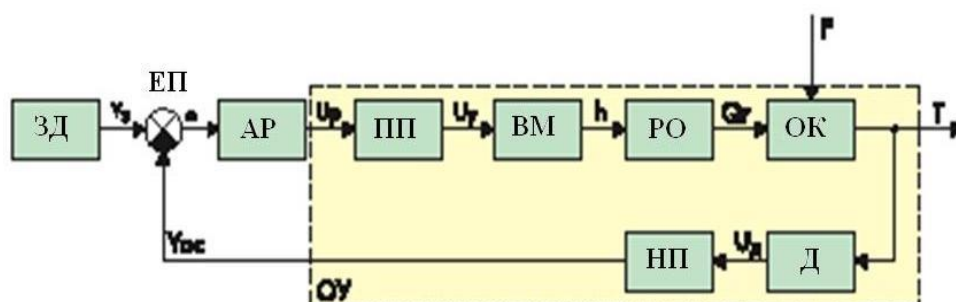


Рис. 4.1. Структурна схема системи регулювання з одним контуром

Сигнали, які є змінними в приведеної структурної схемі системи мають наступні позначення: Y_z – задаючий сигнал; e – помилка регулювання; U_p – вихідний сигнал регулятора; U_y – управляюча напруга; h – переміщення регулюючого органу; Q_r – витрата речовини або енергії; F – обурююча дія; T – регульований параметр; Y_{oc} – сигнал зворотного зв'язку (струм перетворювача або вихідна напруга).

Розглянемо функції нормуючого перетворювача:

- перетворення нестандартного сигналу датчика в стандартний сигнал на виході;
- здійснення фільтрації сигналу;
- здійснення лінеаризації статичної характеристики датчика для отримання лінійного діапазону.

Для спрощення розрахунків початкову структурну схему (рис. 4.1) спрощують до схеми, показаної на рис. 4.2, де AP – автоматичний регулятор, OK – об'єкт керування.

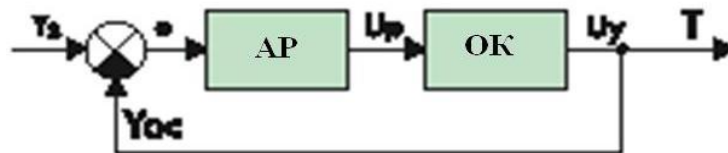


Рис. 4.2. Спрощена розрахункова схема

При виборі потрібного каналу управління виходять з наступних аспектів.

- Діапазону припустимої зміни сигналу управління повинно бути достатньо для повної компенсації максимально можливих обурень, які виникають в даному процесі, тобто повинен бути забезпечений запас за потужністю управління в даному каналі.

- Обраний канал повинен мати сприятливі динамічні властивості, тобто як можна менші за величиною величини запізнювання t_0 і відношення t_0 / T_0 , де T_0 – постійна часу об'єкту. Крім того, зміна статичних і динамічних параметрів об'єкту за обраним каналом при зміні навантаження або часу повинні бути незначними.

- До автоматичних систем регулювання пред'являються вимоги не тільки за стійкістю процесів регулювання у всьому діапазоні навантажень на об'єкт, але і за забезпеченням певних якісних показників процесу автоматичного регулювання, якими є:

- статистична або середньоквадратична помилка регулювання;
- час регулювання;
- перерегулювання;
- показник коливань.

Динамічний коефіцієнт регулювання R_d , визначається за формулою:

$$R_d = \frac{Y}{Y_0} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де — сенс величин Y_0 і Y_1 , що ілюструється рис. 4.3.

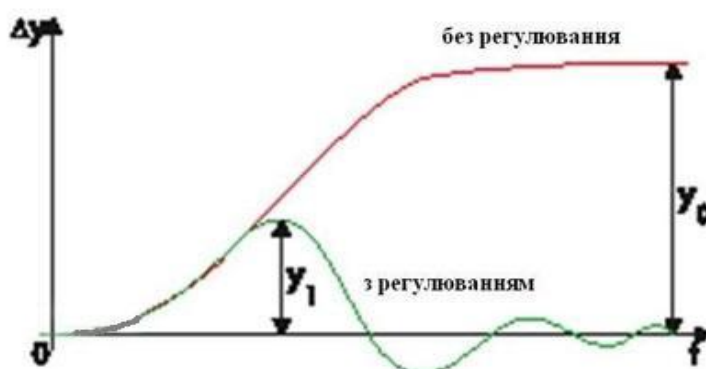


Рис. 4.3 Значення величини Y_0 і Y_1

Величина R_d характеризує ступінь дії регулятора на процес, тобто величину зниження динамічного відхилення в системі відповідно з регулятором та без нього.

Величина перерегулювання залежить від виду сигналу, якій відпрацьовується. При відробітку ступінчастої дії за сигналом завдання величина перерегулювання визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{X_m - X_y}{X_y} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

де значення величин X_m і X_y показані на рис. 4.4.

При відпрацюванні обурюючої дії величина перерегулювання визначається із співвідношення:

$$\sigma = \frac{X_1}{X_m} \cdot 100\%, \quad (4.3)$$

де значення величин X_m і X_1 у показані на рис. 4.5.

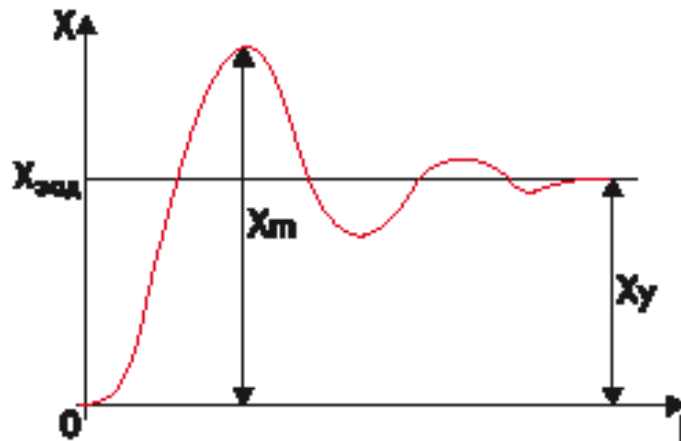


Рис. 4.4. Значення величин X_m і X_y

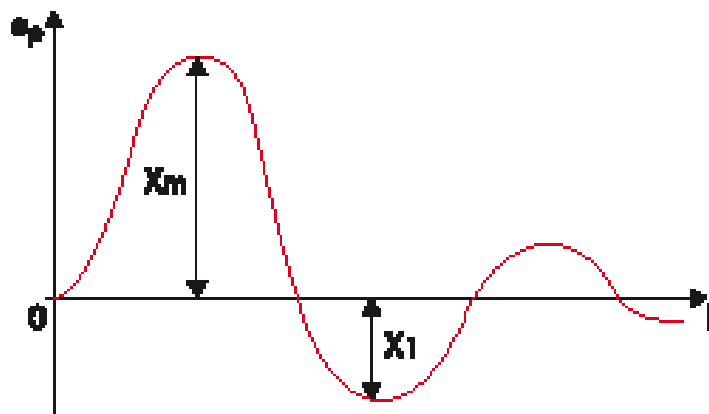


Рис. 4.5. Значення величин X_m і X_1

Час регулювання складає час, за який величина, яка регулюється в перехідному процесі починає відрізнятися від сталого значення менш, ніж на попередньо задане значення b точності регулювання. Налаштування регулятора обираються так, щоб було забезпечено мінімально можливе значення загального часу регулювання, або мінімальне значення першої напівхвилі перехідного процесу.

4.2. Класифікація автоматичних регуляторів

Автоматичні регулятори класифікуються за наступними признаками: призначення, принцип дії, конструктивні особливості, вид використовуваної енергії, характер зміни регулюючої дії.

За принципом дії регулятори поділяються на регулятори прямої і непрямой дії. Регулятори прямої дії не використовують зовнішню енергію для процесів управління, а використовують енергію самого об'єкту управління (регульованого середовища). Прикладом вказаних регуляторів є регулятори тиску. Для роботи автоматичних регуляторів непрямої дії необхідне зовнішнє джерело енергії.

За родом дії автоматичні регулятори поділяються на безперервні і дискретні. Дискретні регулятори, у свою чергу, діляться на цифрові, релейні та імпульсні.

За видом енергії, яка використовується при роботі регулятори підрозділяються на механічні, гідравлічні, електронні, пневматичні і комбіновані. Вибір регулятора за видом енергії, що використовується визначається відповідно до характеру об'єкту регулювання і особливостей автоматичної системи.

За законом регулювання автоматичні регулятори поділяються на двохпозиційні, трипозиційні, типові регулятори (пропорційні, інтегральні, пропорційно-диференціальні, пропорціонально-інтегральні і пропорціонально-інтегрально-диференціальні регулятори, які скорочено позначаються відповідно П, І, ПД, ІІ і ПІД-регулятори), регулятори зі змінною структурою, самоналагоджувальні (адаптивні) і оптимальні регулятори. Двохпозиційні регулятори знайшли широке розповсюдження завдяки своїй простоті і невеликій вартості.

За виконуваними функціями автоматичні регулятори поділяються на регулятори автоматичної стабілізації, коректуючі, програмні, регулятори співвідношення параметрів та інші.

4.3. ПД-регулятор лінії гранулювання

У системі автоматичного управління лінією грануляції відповідно до проекту розроблено і встановлено ПД-регулятори на базі контролера FX3u, для управління температурою дробленої сировини перед грануляцією і автоматичного регулювання подачі сировини на грануляцію.

ПД-регулювання за інших рівних умов дозволяє підвищити точність керування в 10-100 разів, у порівнянні з позиційним регулюванням і найчастіше використовується в системах автоматизації виробництва.

ПД-регулятор – це ланка в контурі управління із зворотним зв'язком, яка використовується для підтримки заданого значення параметра, що вимірюється. ПД-регулятор визначає відхилення вимірюваної величини від заданого значення (так званої уставки) і генерує сигнал управління, який є сумою трьох доданків, перший з яких пропорційний вказаному відхиленню, другий пропорційний інтегралу відхилення і третій пропорційний похідній відхилення. Якщо якийсь з складових доданків не використовуються, то регулятор відповідно називають пропорційно-інтегральним, пропорційно-диференціальним, або пропорційним.

Спрощену схему ПД-регулятора представлено на рис. 4.6.

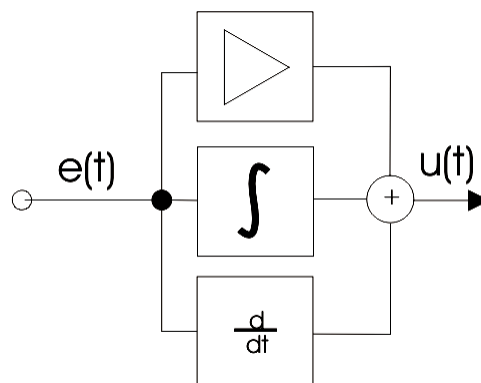


Рис. 4.6. Спрощена схема ПД-регулятора

Призначення-ПД регулятора полягає у підтримці заданого значення x_0 певної величини x за допомогою зміни іншої величини u . Значення x_0 має назву заданого значення, а різниця $e=(x_0-x)$ –

нев'язністю, тобто розбіжністю між сторонами або відхиленням від заданої величини.

Вихідний сигнал регулятора u визначається трьома складовими:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}, \quad (4.4)$$

де K_p, K_i, K_d – відповідно коефіцієнти підсилення пропорційної, інтегральної і диференціальної складових регулятора.

Більшість методів налаштування ПД-регуляторів використовують декілька іншу формулу для вихідного сигналу, в якій на пропорційний коефіцієнт підсилення помножені також інтегральна та диференціальна складові:

$$u(t) = K_p \left(e(t) + K_{ip} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_{dp} \frac{de}{dt} \right). \quad (4.5)$$

Дискретна реалізація методу розрахунку вихідного сигналу рівняння приймає наступний вигляд:

$$U(n) = K_p E(n) + K_p K_{ip} T \sum_{k=0}^n E(k) + \frac{K_p K_{dp}}{T} (E(n) - E(n-1)), \quad (4.6)$$

де T – час дискретизації.

Використовуючи заміну $K_i^{discr} = K_p K_{ip} T, K_d^{discr} = \frac{K_p K_{dp}}{T}$ вираз (4.6)

можна представити у вигляді:

$$U(n) = K_p E(n) + K_i^{discr} \sum_{k=0}^n E(k) + K_d^{discr} (E(n) - E(n-1)). \quad (4.7)$$

У програмній реалізації для оптимізації розрахунків необхідно перейти до рекурентної формули:

$$U(n) = U(n-1) + K_p (E(n) - E(n-1)) + K_i^{discr} E(n) + K_d^{discr} (E(n) - 2E(n-1) + E(n-2)). \quad (4.8)$$

Часто у якості параметрів ПД-регулятора використовують:

- відносний діапазон

$$P_b = \frac{1}{K_p}; \quad (4.9)$$

- постійні інтегрування і диференціювання, які мають розмірність часу

$$T_i = \frac{1}{K_{ip}}; \quad (4.10)$$

$$T_d = K_{dp}. \quad (4.11)$$

Розглянемо особливості налаштування регуляторів. При застосуванні ПІД-регуляторів для кожного конкретного об'єкту необхідно налаштовувати від одного до трьох коефіцієнтів. Можливі системи автоматичного регулювання з автоматизованим налаштуванням. Для типових регуляторів відомі прості аналітичні і табличні методи налаштування, наприклад методика Цидлера.

4.3.1. Налаштування за реакцією на вхідний стрибок.

Розгінну криву для об'єкта з транспортним запізненням наведено на рис.

4.7.

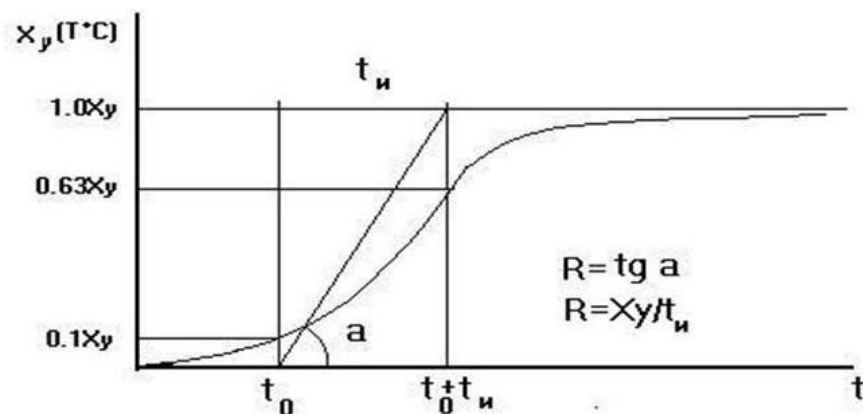


Рис. 4.7. Реакція на вхідний стрибок

Розглянемо алгоритм налаштування. На вхід системи автоматичного регулювання подається нове завдання (уставка) – парова засувка відкривається, що повністю забезпечує максимальну потужність, і з перехідного процесу $X(t)$ визначаються t_0 , R , t_i (рис. 4.7):

t_0 – час транспортного запізнення;

t_i – постійна часу, що визначається інерційністю об'єкта;

X_y – стає значення;

R – нахил розгінної кривої dX/dt (максимальна швидкість зміни X).

Далі обчислюються коефіцієнти налаштування відповідно до наступних зразкових співвідношень:

для П-регулятора $K = 1/Rt_0$;

для ПД-регулятора $K = 1/Rt_0$, $Td = 0,25t_0$;

для ПІ-регулятора $K = 0,8/Rt_0$, $Ti = 3t_0$;

для ПІД-регулятора $K = 1,2/Rt_0$, $Ti = 2t_0$, $Td = 0,4t_0$.

Не обов'язково виводити об'єкт на максимально можливу величину X . Однак, слід мати на увазі, що дуже маленький стрибок не дозволяє визначити R з достатньо високою точністю.

4.3.2. Налаштування за методом максимального коефіцієнта підсилення.

Даний спосіб застосовують, якщо припустимий коливальний процес, при якому значення регульованої величини значно виходять за межі завдання U .

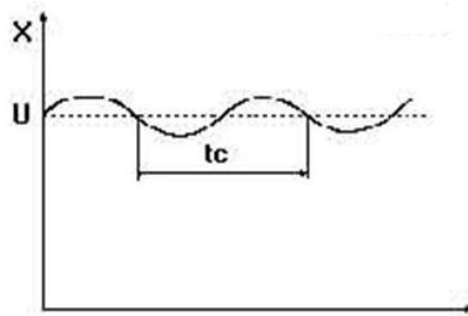


Рис. 4.8. Максимальний коефіцієнт підсилення

Розглянемо процес налаштування за методом максимального коефіцієнта підсилення.

1. Визначається межевий коефіцієнт K_{max} підсилення при якому система автоматичного регулювання і об'єкт переходять у коливальний режим, тобто без інтегральної і диференціальної частини ($Td=0$, $Ti=1$). Спочатку $K=0$, потім він збільшується до тих пір, поки система і об'єкт переходить у коливальний режим. Система автоматичного регулювання відповідає схемі П-регулятора (рис. 4.8).

2. Визначається період коливань t_c (рис. 4.8);

3. Визначаються коефіцієнти налаштування відповідно до наступних зразкових співвідношень:

для П-регулятора $K = 0,5K_{max}$

для ПД-регулятора $K = 0,5K_{max}$, $T_d = 0,05tc$

для ПІ-регулятора $K = 0,45K_{max}$, $T_i = 0,8tc$

для ПІД -регулятора $K = 0,6K_{max}$, $T_i = 0,5tc$, $T_d = 0,12tc$.

4.3.3. Налаштування по процесу двохпозиційного регулювання по релейному закону.

Налаштування по процесу двохпозиційного регулювання виконується за наступною методикою.

Вказана методика зручна, якщо попередньо застосовувався П-регулятор, який замінюється на ПІД- регулятор.

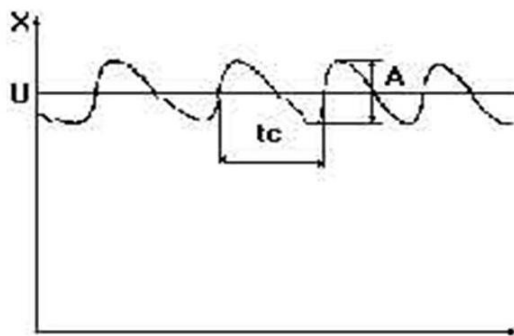


Рис. 4.9. Двохпозиційне регулювання

По-перше систему переводять в режим двохпозиційного регулювання за релейним законом (рис. 4.9);

Далі визначається амплітуда A і період коливань tc ;

Обчислюються коефіцієнти налаштування відповідно до наступних зразкових співвідношень:

для П-регулятора $K = 0,45/A$;

для ПД-регулятора $K = 0,45/A$, $T_d = 0,05tc$;

для ПІ-регулятора $K = 0,4/A$, $T_i = 0,8tc$;

для ПІД-регулятора $K = 0,55/A$, $T_i = 0,5tc$, $T_d = 0,12tc$.

Якщо об'єкт не змінює структуру і свої параметри, то системи з ПД-регуляторами забезпечують необхідну якість регулювання при великих зовнішніх обуреннях, впливах і перепонах. Як правило, точні параметри регулятора і об'єкта відразу визначити не вдається. Якщо T_i менше оптимального в два рази, процес регулювання може перейти в коливальний режим. Якщо T_i істотно більше оптимального значення, то регулятор поволі виходить на новий режим і слабо реагує на швидкі обурення – G . Таким чином, як правило необхідно додаткове налаштування.

На рис. 4.10 показано вплив неоптимальних налаштувань ПД-регуляторів на перехідної функції (реакції системи регулювання і об'єкта на одиничний стрибок у завданні).

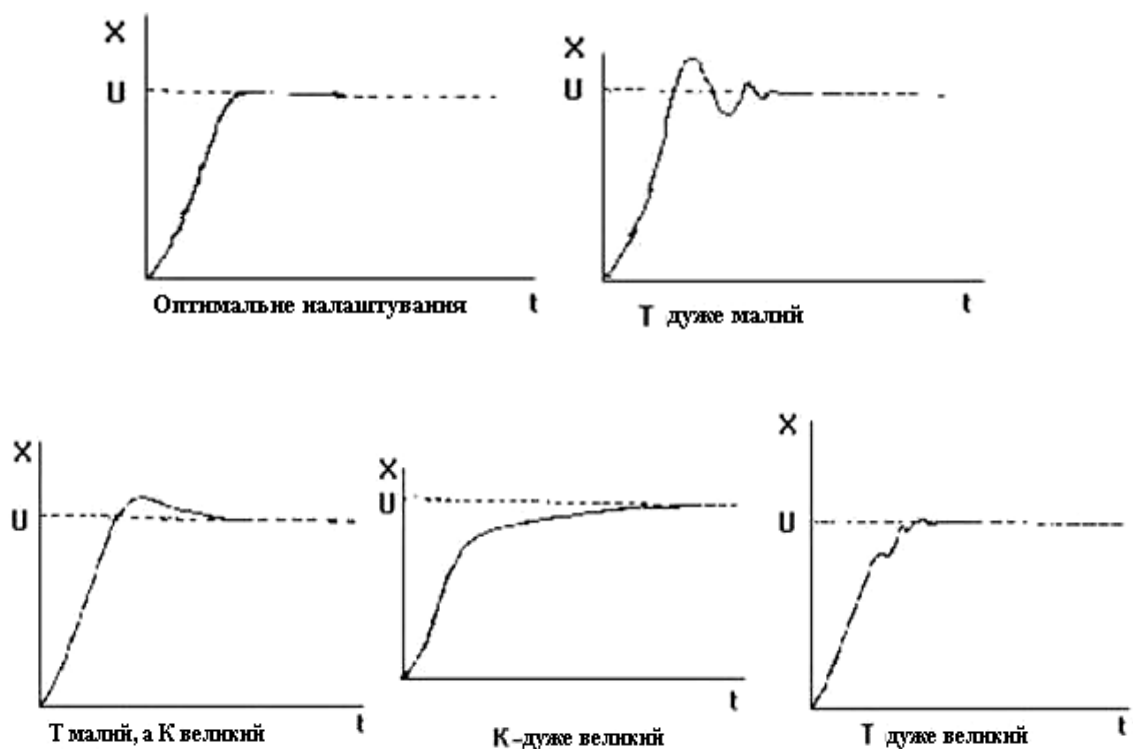


Рис. 4.10. Ілюстрація процесу уточнення коефіцієнтів налаштування

Для більшості об'єктів ПД-регулювання забезпечує кращі показники ніж П і ПІ. Для об'єктів з малим транспортним запізненням $t_0 < tu/3$.

ПД-регулятори забезпечують задовільну якість регулювання: достатньо малий час виходу на режим і невисоку чутливість до обурення. Однак, для

4.4. Регулювання температури суміші в змішувачі

Таблиця 4.1

ПІД-регулятор температури суміші в змішувачі

Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Час (хв.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

					141.4301з.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання (t°C)	50	50	50	50	50	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Результат (t°C)	22	28	47	51	50	54	60	75	89	86	77	79	79	80

За даними таблиці будуюмо графік (рис. 4.11) залежності температури на виході змішувача від завдання, при сталій постійній подачі сировини (шнек дозатор встановлено на 250 об/хв.)

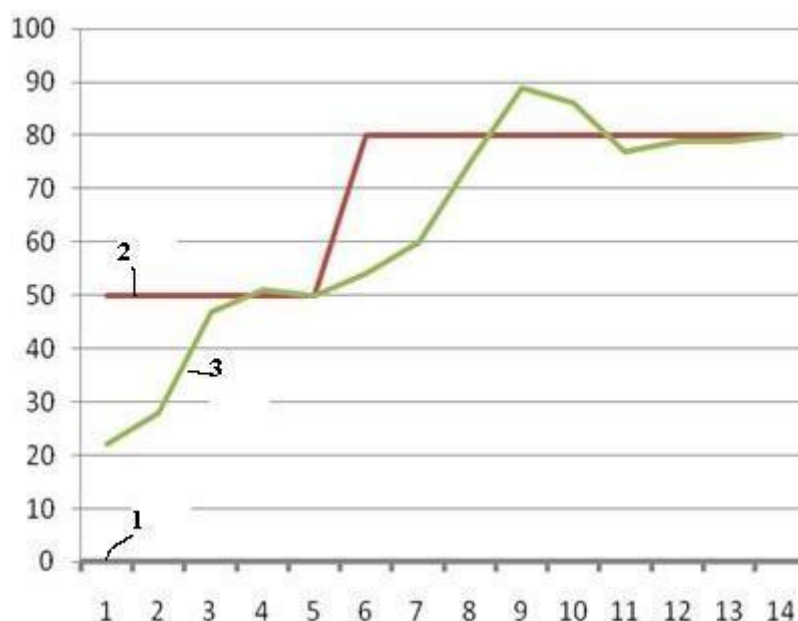


Рис. 4.11. Графік залежності температури на виході змішувача від завдання:
1 — час, 2 — завдання, 3 — результат.

З графіку видно, що після стрибкоподібної зміни завдання, K великий, а T малий. З описаного вище за методом максимального посилення визначаємо коефіцієнти необхідні для правильного регулювання температури.

Коефіцієнт пропорційності дорівнює $K = 0,55A$, де A максимальна амплітуда,

Визначаємо $A = 89 - 77 = 12$, відповідно $K = 0,55 \cdot 12 = 6,6$.

Постійна часу інтегрування дорівнює $T_i = 0,5t_c$, де t_c період коливань.

Визначаємо $t_c = 11 - 8 = 3$, відповідно $T_i = 0,5 \cdot 3 = 1,5$.

Постійна часу диференціювання $Td=0,12tc$, Визначаємо $Td=0,12 \cdot 3=0,36$.

На панелі оператора відкриваємо мнемосхему "Параметри пара" підрозділ коефіцієнти і вводимо отримані коефіцієнти і повторно вимірюємо, при правильному виборі система має незначне перерегулювання з швидким загасанням зображено на рис. 4.12.

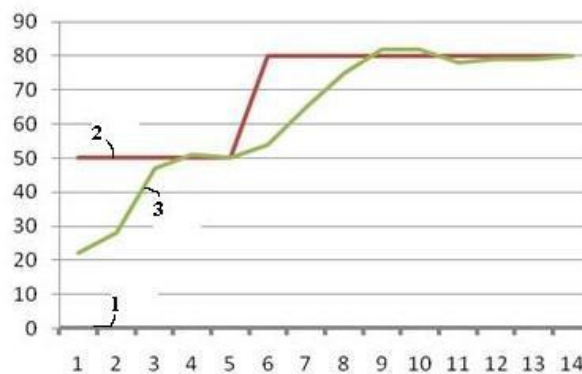


Рис. 4.12. Графік залежності температури на виході змішувача від завдання після налаштування ПД-регулятора;

1 – час, 2 – завдання, 3 – результат.

Отриманий результат задовольняє поставленому завданню, на цьому настройку ПД регулятора пара можна вважати закінченою. Надалі можливо незначна зміна постійної інтегрування, що пов'язане зі зміною температури навколишнього середовища, вологістю подрібненої лузги і продуктивністю преса.

4.6. Система автоматичного регулювання подачі подрібненої маси в прес-гранулятор

Основним завданням автоматичної подачі подрібненої сировини в матрицю преса є стабільна і точна підтримка робочого струму приводу преса у межах заданих значень. При роботі з максимальною продуктивністю налаштування ПД-регулятора для управління частотним перетворювачем приводу шнека-дозатора виявилася досить складною.

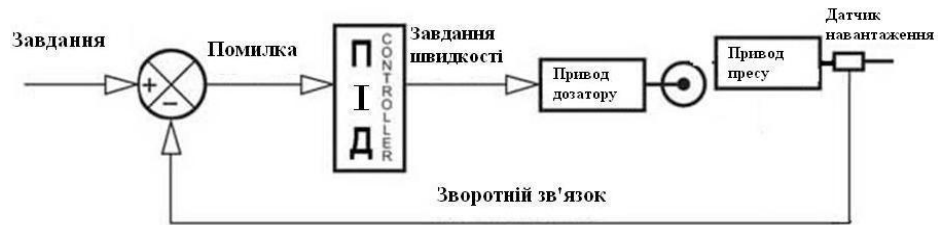


Рис. 4.12. Основне завдання автоматичної подачі подрібненої сировини в матрицю

Досліджуючи схему (рис. 4.12) можна помітити, що зворотній зв'язок береться не з виконавчого пристрою, а з датчика струму приводу преса, регулювання якого не передбачається. Враховуючи, що час проходження сировини в змішувачах, при швидкості 0,15 м/сек становить 15 секунд ми отримали ПІД-регулятор з великим часом реакції (для конкретного випадку).

У зв'язку з тим що автоматику управління було налаштовано і запрограмована фірмою, що виконувала монтаж, доступними параметрами регулювання виявилися K_p (коефіцієнт пропорційності), T_i (час ізодрому) і T_d (час диференціювання). Усі вказані параметри виведено на сенсорну панель в умовних одиницях (від -100 до 100).

На відміну від пари, при спробі виставити завдання на 85% від продуктивності призвели до перевантаження головного приводу преса. Експериментами вдалося провести на 60% навантаження, при температурі суміші 25°C, з постійними інтегрування і диференціювання встановленими в нуль і коефіцієнтом пропорційності 1,5.

З виконаного аналізу видно, що у зв'язку з великим часовим інтервалом між появою помилки, зміною струму приводу преса і усуненням помилки, зниження обертів дозатора, система стає нестабільною і переходить в коливальний режим.

Причина в нерівномірної вологості сировини при заданій температурі. Змінення вологості на 2% призведе до злипання пресованого продукту в матриці і відповідно, перевантаження преса. В результаті

система налаштована на 60% продуктивності при роботі з ПІД-регулюванням, або в автоматичному режимі (при постійному контролі оператора).

Для визначення величин налаштувань в режимі НАЛАГОДЖЕННЯ були виконані виміри, результати яких занесено до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Визначення натуральних величин в режимі наладка

№	Відсоток відкриття засувки бункера подрібненої сировини	Кількість обертів дозатору	Струм навантаження двигуна преса	Струм навантаження двигуна преса на вимірнику	Температура суміші	Відсоток відкриття парової засувки	Продуктивність пресу
	%	Об/хв.	А	mA	С°	%	кг/хв.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	30	150	80	5,6	-	-	-
2	50	150	100	7	-	-	20
3	80	150	110	7,7	-	-	25
4	80	200	200	14	-	-	27
5	80	250	260	18,2	-	-	31,3
6	80	250	230	16,1	50	10	31,3
7	80	250	220	15,4	60	15	31,3
8	80	250	200	14	70	20	31,3
9	80	250	190	13,3	80	30	31,3
1	2	3	4	5	6	7	8
10	80	250	210	14,7	90	60	31,3
11	80	260	197,6	13,8	80	40	33
12	80	300	228	15,9	85	50	37
13	80	350	260	18,2	85	65	43
14	80	370	280	19,6	85	75	45
15	80	400	310	21,7	85	90	49

За результатами вимірів для виявлення найбільш оптимального режиму роботи будуємо графік залежності (рис. 4.13).

Виміри виконувалися після прогріву матриці, (робота з 30% навантаженням протягом 20 хв.). Вибір положення засувки подачі подрібненої сировини в графік не вносився (оптимальне положення 80%).

При аналізі отриманих графіків можна висновити, що найбільш оптимальні параметри налаштувань складають: засувка – 80% (установка вручну); температуру суміші 85⁰С забезпечує ПД-регулятор температури; подача подрібненої сировини 370 – 380 об/хв (забезпечує частотний регулятор дозатора).

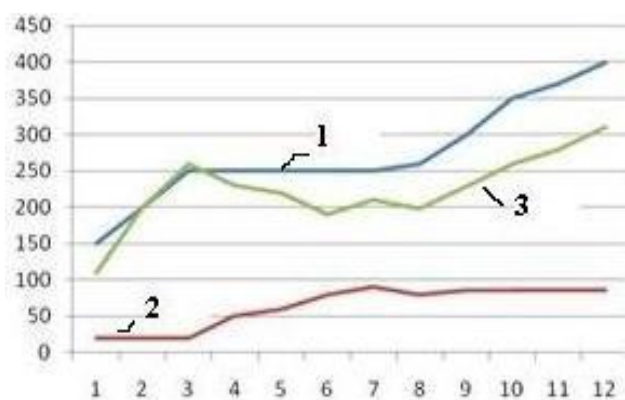


Рис. 4.13. Виявлення найбільш оптимального режиму роботи:

1– графік зміни оборотів шнека-дозатора (об/хв), 2 – графік зміни температури суміші (С⁰), 3 – струм навантаження двигуна преса (А).

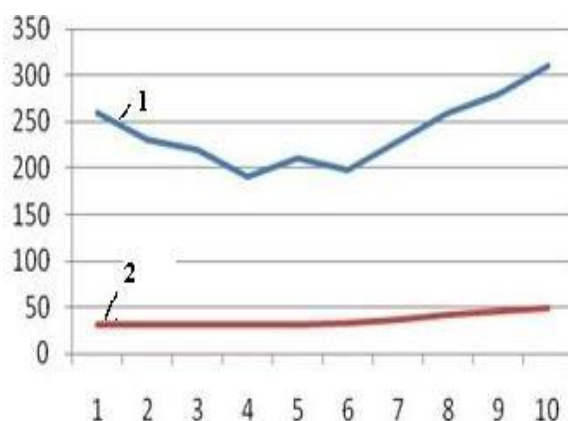


Рис 4.14. Продуктивність преса-гранулятора:

1– струм навантаження двигуна (А); 2 – продуктивність пресу (кг/хв.)

При цьому забезпечується найбільша продуктивність без перевантаження преса 2700 кг/год (рис. 4.14).

Збільшення струму двигуна преса понад 310 А призведе до спрацьовування захисту (перевірка проводилася з перепрограмуванням пристрої плавного пуску на струм 350 А з подальшим поверненням на 310 А).

Для визначення залежності обертів шнека дозатора від вхідного струму на частотному перетворювачі та струму навантаження приводу преса від обертів шнека дозатора, при температурі суміші 80°C вироблені виміри. Результати занесені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Залежність обертів шнека дозатора від вхідного струму на частотному перетворювачі та струму навантаження приводу преса від обертів шнека-дозатора

№	Параметри			
	І вх. мА дозатора	Об/хв. дозатора	І вих. мА пресу	Т°C
1	4	80	6,5	80
2	5	100	6,8	80
3	6	120	6,8	80
4	7	140	7	80
5	8	160	7,1	80
6	9	180	9,5	80
7	10	200	10,6	80
8	11	220	11,6	80
9	12	240	13,2	80
10	13	260	13,8	80
11	14	280	14,8	80
12	15	300	15,9	80
13	16	320	16,7	80
14	17	340	18	80
15	18	360	19,4	80
16	19	380	20	80
17	20	400	21	80

Використовуючи отримані дані будуємо графіки кривих розгону шнека-дозатора і преса.

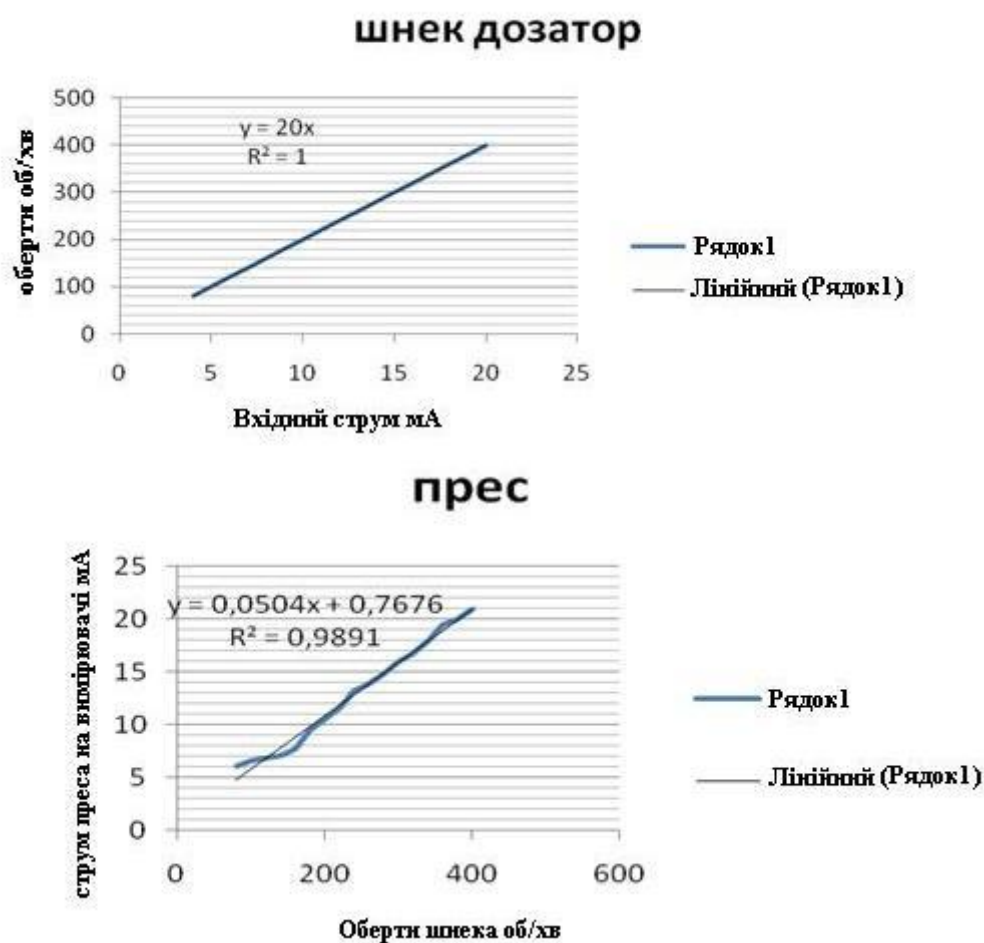


Рис. 4.15. Графіки кривих розгону шнека дозатора, і преса

Отримані дані кривої розгону шнека дозатора відповідають паспортним значенням частотного перетворювача, вихідний струм з пристрою плавного пуску незначно відрізняється від паспортних значень. Ці дані потрібні для подальших розрахунків системи автоматичного регулювання.

4.7. Система каскадного регулювання

Виходячи з аналізу існуючої системи та відповідно до завдання на покращення роботи обладнання та декількох експериментів, вважається доцільним встановлення ще одного регулюючого пристрою. У якості такого регулятора запропоновано використання шнека-докидувача, обладнавши його системою частотного регулювання та поєднавши в схему ПІД-регулювання з

датчиком струму навантаження приводу преса. На виході управління регулятора шнека-докидувача знову вводиться ПІД-регулятор для забезпечення можливості регулювання оборотів шнека-дозатора. ПІД-регулятор програмно організовано в базовому блоці контролера, який дозволяє організовувати до 16 ПІД-регуляторів.

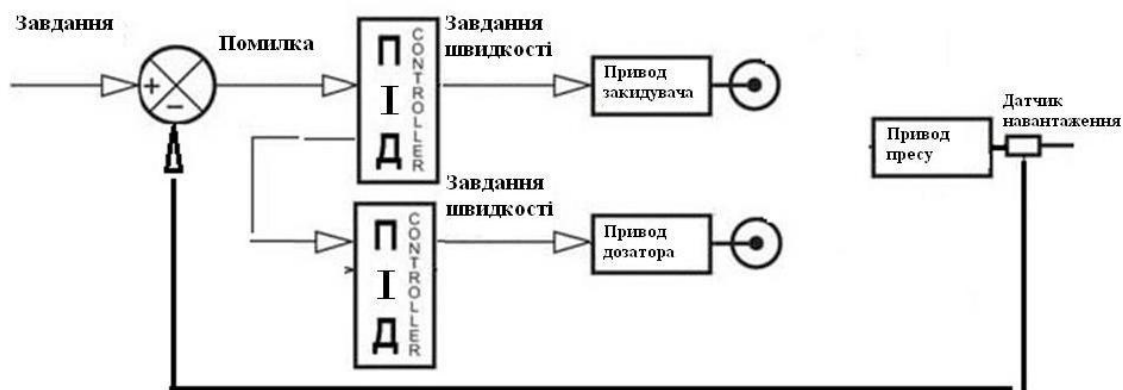


Рис. 4.16. Схема каскадного ПІД-регулятора

Використаємо схему каскадного ПІД-регулятора, яку наведено на рис. 4.16, з веденим і провідним пристроєм регулювання, з двома виконавчими пристроями і одним об'єктом управління. Виходячи з наведених вище вимірів і дослідів визначимо параметри для завдання:

1. струм навантаження приводу преса – 280 А;
2. струм навантаження приводу преса на вимірювальному приладі – 19,8 мА;
3. оберти шнека-дозатора – 380 об/хв;
4. час реакції шнека дозатора на обурення – 15 с;
5. час, необхідний для усунення обурення – 2,2 с;
6. струм завдання шнека-дозатора – 20 мА;
7. обороти шнека-докидувача – 400 об/хв.

Для вирішення поставленої задачі використовується в якості ведучого, існуючий ПІД-регулятор контролера *FX3u* і частотний перетворювач *FR-S 500* від шнека дозатора. При цьому час реакції на обурення (збільшення струму приводу преса) зменшується до 1,9 с. Для запобігання перевантаження

змішувачів подрібненою сировиною, на привід шнека дозатора встановлюється частотний перетворювач *VFD*, з подачею на нього завдання з ПЛК, як показано на рис. 4.17.

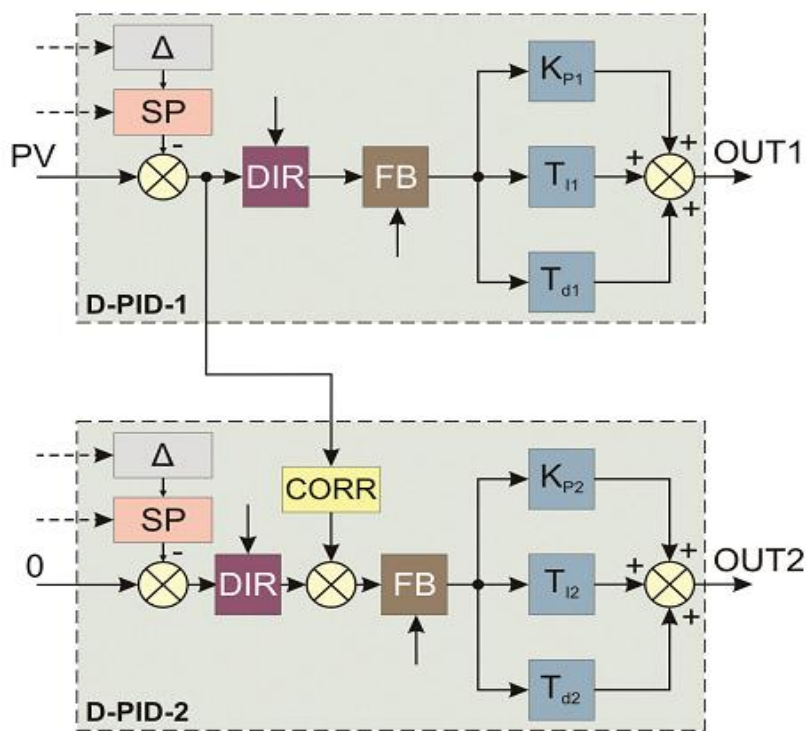


Рис. 4.17. Схема каскадного ПІД-регулятора з веденим і ведучий пристроєм регулювання

Відмітною особливістю такої схеми регуляторів є змінна структура, встановлена програмно. Процес програмування зводиться до витягування з пам'яті ПЛК FX3u потрібних алгоритмів, які об'єднуються в систему заданої конфігурації і в них встановлюються необхідні зв'язки і параметри. Оптимальні коефіцієнти можна визначити автоматично або встановлювати їх вручну, після розрахунків. Можливості мікропроцесорних контролерів дозволяють автоматизувати цей процес.

4.8. Метод автономного налаштування регуляторів

У зв'язку з тим що в запропонованій схемі використовуються два регулятори, які отримують відповідь з одного датчика, то потрібна попереднє окреме налаштування кожного з регуляторів. Налаштування регуляторів P_1 і P_2

проводиться послідовно, без врахування взаємних впливів контурів, J_1 J_2 – інженерні показники якості системи управління, які відображають витрати енергії на управління. Процедура налаштування здійснимо таким чином:

1. регулятор P_2 переводимо до ручного режиму роботи;
2. налаштуємо регулятор P_1 так, щоб критерій J_1 був мінімальний;
3. відключаємо налаштований регулятор P_1 і вмикаємо регулятор P_2 ;
4. налаштовуємо P_2 , забезпечуючи мінімум J_2 ;
5. обидва регулятори включаємо до роботи.

Означений підхід рекомендовано використовувати якщо:

- спостерігається малий взаємний вплив контурів;
- швидкодія одного контуру значно вища за інший (контури рознесені за частотами);
- у перехресних зв'язках одна з передавальних функцій має коефіцієнт передачі значно менший, ніж інша, тобто спостерігається односторонній вплив.

Налаштування каскадної схеми регулювання починається з ведучої частини, при цьому ведена частина виводиться на 320 об/хв, що відповідає 15 мА вхідного струму, ПД-регулювання дозатора відключено. Коефіцієнт пропорційності $K_p = 0,1$, час інтегрування $T_i = 0$ сек (вимкнено). Час диференціювання $T_d = 0$ (вимкнено).

Автоматичне налаштування засноване на аналізі автоколивань у контурі регулювання. Для встановлення автоколивань алгоритм ПЛК переводиться в режим налаштування.

1. Встановлюється бажана задана величина і в ручному режимі встановлюється неузгодженість регулювання на нуль.
2. Система перемикається на автоматичний режим.
3. Повільно збільшується K_p поки регулюючий контур через малі зміни заданої величини не почне відхилюватися до коливань. (змінюється струм преса)
4. Перемикається T_i з *OFF* на 1 с.
5. Збільшується T_i до моменту усунення коливань.
6. Повільно збільшується K_p до моменту, поки коливання знову не з'являться.

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Повторюються установки відповідно з двома попередніми кроками до тих пір, поки коливання вже не можуть бути усунені.

8. Незначно зменшують T_i й K_p поки коливання не припиняться.

9. Зменшують T_d до моменту, поки регулюючий контур знову не почне хилитися до коливань.

10. Повільно збільшувати T_n до моменту, поки ухил до коливань не буде усунутий, а виникаючі коливання не повинні досягати порогів обмеження.

Результати експерименту заносимо до табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Результати експериментального дослідження автономної настройки регуляторів

№	Параметри			
	I докидувача мА	I дозатора А	I пресу мА	Т°С
1	14	15	16,5	1
2	14	15	16,5	2
3	13	14,6	18	3
4	10	14	18,2	4
5	13,2	14	17	5
6	13,5	14,2	16,7	6
7	14,1	14,5	16,5	7
8	14	14,7	16,5	8
9	14	15	16,5	9
10	14	15	16,5	10
11	14	15	16,5	11
12	14	15	16,5	12
13	14	15	16,5	13
14	14	15	16,5	14
15	14	15	16,3	15

За результатами таблиці будемо графік роботи трьох складових (рис. 4.18): регулювання шнека-докидувача, регулювання шнека-дозатора, відповідь з датчика привода пресу.

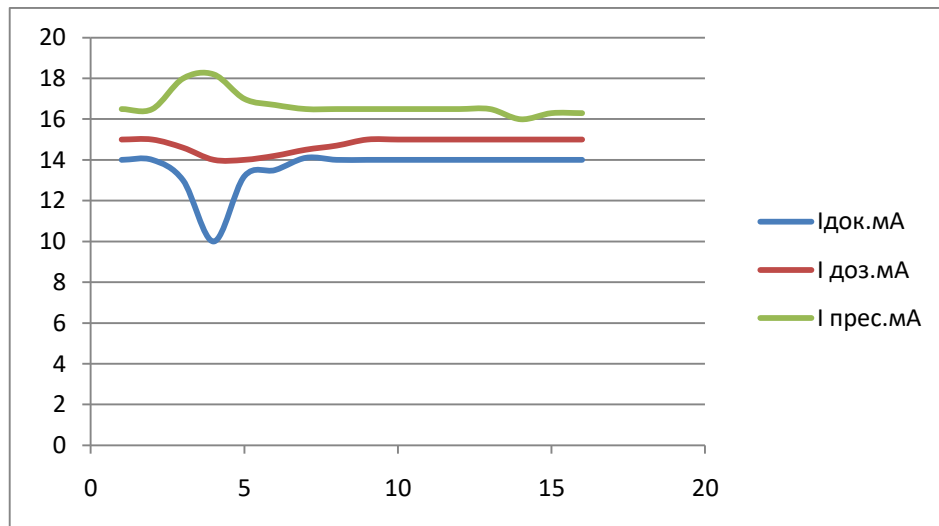


Рис. 4.18. графік роботи трьох складових зображено регулювання шнека – докидувача, дозатора, пресу

З цього графіка видно що, на тимчасове збудження вихідного струму преса (імітується подачею струму на вхід контролера через узгоджуючу схему) завдання на вході перетворювача частоти двигуна шнека-докидувача зменшилось на 4 мА, для стабілізації навантаження преса на величині 16,5 мА на виході датчика струму преса с запізненням на 2,1 с.

Завдання на вході шнека-дозатора змінилось на 1 мА с запізненням на 2,1 с. Результат взаємної дії двох регуляторів вийшов с запізненням на 15 с. та не призвів до коливання системи. Даний експеримент виконувався при навантаженні преса в 250 А, що відповідає величині вихідного струму на датчику в 16,5 мА, при 320 об/хв, шнека дозатора, та 340 об/хв, шнека докидувача.

Налаштування виконується ітеративним способом: аналізуються параметри коливань для несучих параметрів по них визначаються нові параметри. Ці параметри встановлюються в алгоритмі ПЛК, після чого визначаються нові параметри налаштування, і так до тих пір, поки нові значення параметрів K_p і T_i будуть близькими до поточних значень. Зазвичай потрібно 3-5 циклів ітерації.

Слід враховувати, що тільки метод ітеративної настройки регуляторів забезпечує якісну роботу двозв'язної системи навіть за наявності сильних перехресних зв'язків. Це пояснюється тим, що оптимізація критерію якості J_0 систем відбувається при включених P_1 і P_2 .

Під час вибору метода настройки ПІД-регулятора перевагу було надано методу автоколивань системи регулювання, як найбільш простому при використанні промислових ПІД-регуляторів, та такому що забезпечує задовільні параметри регулювання.

Проведені експерименти та дослідження роботи системи автоматичного управління процесом грануляції дозволяють зробити наступні висновки.

Система автоматичного управління в зв'язку з конструктивними особливостями механіки не в змозі забезпечити стабільну роботу обладнання з максимальною потужністю, вплив людського фактору при роботі в автоматичному режимі з оперативним впливом на швидкість подачі сировини призводить до частих аварійних ситуацій.

Рішенням по усуненню вказаного недоліку є використання додаткового вузла ПІД-регулювання на базі шнека-докидувача.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Метою управління охороною праці є забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці. Ця мета досягається виконанням відповідних функцій управління, тобто комплексом взаємопов'язаних видів, що здійснюються суб'єктом управління цілеспрямовано на об'єкт управління [11].

Об'єктом управління в системі охорони праці є діяльність функціональних служб і структурних підрозділів конкретних керівників та інженерно-технічних робітників підприємств із метою забезпечення безпечних, нешкідливих та сприятливих умов праці на робочих місцях, виробничих ланках, у цехах і на підприємстві в цілому.

5.1. Система управління охороною праці на підприємстві

Мета впровадження системи управління охороною праці (УОП) — це всебічне сприяння виконанню вимог, які повністю ліквідують, нейтралізують або знижують до допустимих норм вплив на працюючих небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища, забезпечують усунення джерел небезпеки, ізолювання від них персоналу, використання засобів, що усувають небезпечні ситуації та підвищують технічну безпеку, створюють надійні санітарно-гігієнічні та ергономічні умови. УОП передбачає встановлення конкретних кількісних показників діяльності виробничих підрозділів, підтримування котрих в заданих межах забезпечує досягнення основної мети щодо організації безпечних та нешкідливих умов праці.

Власник зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі і на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити дотримання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці.

З цією метою власник забезпечує функціонування системи управління охороною праці, для чого:

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій;

- розробляє за участю профспілок і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів з охорони праці, впроваджує професійні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці, тощо;

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань і виконання профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;

- організовує проведення лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам про охорону праці в порядку і строки, що встановлюються законодавством, вживає за їх підсумками заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до державних міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці, забезпечує безкоштовно працівників нормативними актами про охорону праці;

- здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог щодо охорони праці;

- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками в галузі, охорони праці.

У випадку відсутності в нормативних актах про охорону праці вимог, які необхідно виконати для забезпечення безпечних і нешкідливих

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

умов праці на певних роботах, власник зобов'язаний вжити погоджених з органами державного нагляду заходів, що забезпечують безпеку працівників.

У разі виникнення на підприємстві надзвичайних ситуацій і нещасних випадків власник зобов'язаний ужити термінових заходів для допомоги потерпілим, залучити при необхідності аварійно-рятувальні формування.

Система цілей управління охороною праці (УОП) — багаторівневий комплекс, який, у свою чергу, визначає цілі для різних рівнів управління охороною праці з врахуванням стадій виробничого циклу.

На рівні галузі встановлюються цілі стратегічного характеру щодо прийняття довготермінових планів наукового, технічного, економічного та соціального розвитку об'єктів (умов та безпеки праці) на підставі довготривалих прогнозів і програм розвитку.

На рівні виробничих об'єднань та підприємств визначаються цілі тактичного характеру: установлення складу та структури підрозділів, методів взаємодії, аналіз рівня безпеки праці стимулювання. З переходом на госпрозрахунок та самофінансування виробничі об'єднання та підприємства повинні ставити стратегічні цілі.

На рівні цехів і дільниць встановлюються цілі оперативного характеру: послідовність оперативного виконання окремих функцій тощо.

Окремі виконавці, що впливають на умови праці, організаційно та технічно забезпечують їх оптимізацію і цілі безпеки праці.

Основні завдання, вирішення яких забезпечує досягнення цілей УОП на різних рівнях управління і стадіях організаційно-виробничої діяльності, полягають у виконанні комплексу послідовних взаємопов'язаних дій щодо попередження травматизму та виробничих зумовлених захворювань.

Вирішення задач управління охороною праці має бути забезпечене взаємодією усіх структурних підрозділів, служб і фахівців, які визначаються керівником підприємства. Функції структурних підрозділів і служб, посадові обов'язки керівних та інженерно-технічних працівників щодо виконання задач

управління охороною праці встановлюються на місцях на всіх рівнях, виходячи з структури, штатів і конкретних умов діяльності установи (підприємства).

5.2. Охорона праці та техніка безпеки

Проектні рішення по системам паровоздухопостачання виконані у відповідності з наступними чинними в Україні нормативними документами:

- закон України про охорону праці;
- *НАПБ А-01.001-2004* "Правила пожежної безпеки в Україні";
- *ДНАОП 0.00-1.11-98* "Правила пристрою і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води";
- *ДНАОП 0.00-1.07-94* "Правила пристрою і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском";
- *ДНАОП 0.00-1.13-75* "Правила пристрою і безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, воздухопроводов и газопроводов".

Для безпечного обслуговування устаткування компресорної станції, його розташування забезпечує вільні проходи і виходи з приміщення. Шум створюваний роботою агрегатів компресорних не перевищує 80ДБ(А).

Передбачені проектними рішеннями матеріали, вироби та обладнання сертифіковані на відповідність вимогам державних стандартів і мають дозвіл Держгірпромнагляду України на їх застосування.

При монтажі обладнання та трубопроводів необхідно дотримуватись вимог СНиП Ш-4-80"Техника безопасности в строительстве".

5.3. Автоматична пожежна сигналізація

Підстави для розробки проектної документації. Проект автоматичної пожежної сигналізації розроблений на підставі договору на проектування.

Проектно-кошторисна документація виконана відповідно до діючої нормативно-технічної документації:

- "Закон України про пожежну безпеку";

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- "Правила пожежної безпеки в Україні";
- ДБН А.2.2-3-2004 Склад, порядок розробки, погодження та затвердження проектної документації для будівництва";
- ДБН В.2.5-13-98 "Пожежна автоматика будинків та споруд";
- ГОСТ 12.4.009-83 "ССБТ, пожежна техніка для захисту об'єктів, основи види розміщення та обслуговування";
- ГОСТ 25 1271-87 "Установки автоматичного пожежогасіння, пожежній, охоронній і охоронно-пожежної сигналізації, нормативи чисельності. Персоналу, що займається технічним обслуговуванням і ремонтом";
- "Правила пристрою електроустановок";
- ДБН В1 -1.7-2002 "Пожежна безпека об'єктів в будівництві" 2002р;
- СНиП 2.09.02-85 "Виробнич! Будівлі;
- СНиП 2.04.05-91 "Опалення, вентиляція і кондиціонування";
- Наказ №161 від 22.08.2005р. МНС України "Перелік однотипних за призначенням об'єктів, яю підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежною сигналізацією.

Із збільшенням висоти приміщення площа зменшується. В якості елементів сигналізації, що реагують на ознаки пожежі, застосовані:

- автоматичні сповіщувачі теплові дії ТПТ-3;
- автоматичні сповіщувачі димові дії СПД-3.2;
- ручні сповіщувачі пожежні ППР-1;

Місце установки пожежних сповіщувачів і траси до них уточнюються при виконанні монтажних робіт з урахуванням розміщення світильників.

Ручні сповіщувачі ППР-1 встановлюються на шляхах евакуації, на виходах з будинків, біля дверей на висоті 1,5м від рівня підлоги і включаються в шлейф пожежної сигналізації.

Всю приймально-контрольну апаратуру установки пожежної сигналізації необхідно розмістити на спеціально обладнаному місці в приміщенні вбиральні. При цьому повинна бути забезпечена можливість візуального контролю за

станом шлейфів охоронюваних приміщень з світловим індикатором. У разі виникнення пожежі прилад подає звукової та світлової сигналізації.

Прилад сертифікований в Україні і забезпечує:

- збір і аналіз інформації, що надходить від різних пожежних сповіщувачів;
- постановку (зняття) пожежної сигналізації під охорону;
- контроль несправності сповіщувачів і проведення АПС;
- видачу на локальний пост і оповіщувачі сигналу "Тривога" з використанням звукових і світлових сигналів;
- відображення сигналів "Тривога" і несправностей на клавіатурі.

Основне живлення приладу пожежно-контрольного 220В, 50Гц, резервне 12В від вбудованих акумуляторів 12В, 7А/год. Оповіщення про пожежу здійснюється:

- передачею сигналу "Тривога" по системі радіомоніторингу на пульт централізованого спостереження (ПЦС) МНС;
- передачею сигналу "Тривога" на виносні світло-звукові оповіщувачі.

Встановлення автоматичної пожежної сигналізації (АПС) і система оповіщення про пожежу призначена для виявлення вогнища пожежі в початковій стадії його розвитку та подання при цьому звукового і світлового сигналів тривоги на об'єкті у виробничих приміщеннях, а також для передачі сигналу про пожежу за допомогою контролера-передавача на пульт централізованого спостереження МНС.

5.4. Вибір технічних засобів і місця установки

Для своєчасного виявлення пожежі на виробничих ділянках об'єкта передбачається установка сповіщувачів автоматичної пожежної сигналізації, що реагують на підвищення температури при пожежі, поява диму, а також ручних сповіщувачів.

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Як приймально-контрольного пожежного приладу прийнятий прилад "Тірас-8П" з вбудованим блоком живлення і акумулятором. Прилад встановлюється в приміщенні вбиральні. В роботі систем передбачені:

- контроль шлейфів сигналізації по всій довжині з визначенням виду повідомлення ("Тривога", "Обрив" або "К.З." шлейфу);
- управління роботою системи місцевого звукового оповіщення;
- перемикання на роботу від резервного джерела живлення;
- видачу команд на відключення системи вентиляції.

Установка сповіщувачів повинна виконуватися в місцях, визначених проектом з дотриманням технічних характеристик сповіщувачів, а також архітектурних особливостей, взаємного розміщення елементів будівельних конструкцій, конфігурації захищених приміщень.

Площа, яка захищається одним сповіщувачів, залежить від висоти приміщень і при висоті до 3,5 м дорівнює:

- сповіщувачів СПД-3-2 - 86 м²;
- сповіщувачів ТПТ-3 - 25 м².
- передачею зумера на клавіатуру, при цьому висвічується також номер і адреса зони, яка спрацювала.

Контрольні коробки типу КК-Р встановлюються не менше однієї на кожні десять неадресуемых пожежних сповіщувачів і перед входом в захищаюче приміщення.

5.5. Шлейфи пожежної сигналізації, сполучні і пожежні лінії установки пожежної сигналізації

Вибір проводів і кабелів для шлейфів пожежної сигналізації, сполучних ліній виконаний у відповідності з розділами технічної документації на конкретні типи установок за умови забезпечення автоматичного контролю цілісності їх по всій довжині.

Шлейфи пожежної сигналізації напругою до 60В виконуються про-водами ПСВВ2Х0,4 і ПСВВ4Х0,4 залежно від типів датчиків.

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр мідної жили проводів і кабелів зв'язку повинні бути не менш 0,4мм.

Електроживлення приймально-контрольного пристрою необхідно виконати самостійними проводом або кабелем.

Не допускається спільна прокладання дротів напругою до 60В з проводами напругою понад 60В в одній трубі, в одному рукаві, коробі, пучку, замкнутому каналі будівельної конструкції.

При паралельній відкритій прокладці відстань між проводами і кабелями шлейфів пожежної сигналізації і сполучних ліній з силовими і освітлювальними проводами повинно бути не менше ніж 0,5м.

5.6. Радіомоніторинг

Для передачі тривожного сигналу про пожежу або несправності від центрального прийомо-контрольного пожежного приладу на ПЦН передбачена система пожежного радіомоніторингу, принцип роботи якого заснований на організації радіомережі. Основою радіомережі є базова станція, яка встановлюється у вбиральні.

При виникненні пожежі або несправності сигнали від пожежних сповіщувачів надходять на прийомо-контрольний прилад Тірас-8П, встановлений у приміщенні вбиральні. Далі сигнал передається на контролер-передавач.

При отриманні тривожного сигналу контролер-передавач формує радіосигнал, який через антену надходить на ПЦН МНС.

Перед оператором ПЦН автоматично з'являється інформація про об'єкт, схема і порядок дії оператора по даному об'єкту.

Контролер-передавач живиться від мережі 220В, 50 Гц через вмонтований блок безперебійного живлення з вихідним напругою 12В постійного струму. Контролер-передавач виконує контроль основного і резервного живлення, стан антенно-фідерного тракту. Підключення контролера-передавача до мережі 220В виконати відповідно до ПУЕ.

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В випускної роботі виконано розробку автоматизованої системи управління подачі сировини в матрицю преса гранулятора, та дослідженню налаштувань регуляторів лінії гранулювання лушпиння соняшника. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки.

Виявлено недоліки в роботі системи подачі сировини в прес-гранулятор, головними з яких є відсутність буферної зони перед шнеком-дозатором, нерівномірність подачі шнека-дозатора. Внаслідок вказаних недоліків відбувається нерівномірна подача сировини в змішувачі та коливання навантажень на матрицю преса.

Розроблено рішення встановлення додаткового частотного перетворювача для регулювання подачі сировини в прес, не змінюючи механічну частину лінії.

Проведено декілька експериментів для визначення необхідних налаштувань регуляторів подачі, розроблено удосконалену схему, та обрано необхідне додаткове обладнання.

Також розглянуто заходи з охорони праці при виконанні робіт на устаткуванні автоматичної лінії.

Таким чином можна висловити, що результати випускної кваліфікаційної роботи повністю відповідають проектному завданню.

					141.43013.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Human Machine Interface HMI 201, 401, 601, 605 & 1205 UMНMІC Rev 3.0 : 2007.
2. Программируемые контроллеры. Руководство по эксплуатации MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE B.V Серия MELSEC FX3U. : 2008.
3. Пожарная безопасность объектов строительства : ДБН В.1.1–7 : 2002.
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды : ДНАОП 0.00-1,11 : 1998.
5. Правила устройства электроустановок / – Харьков, Форт, 2009.
6. Временная методика расчета плановых показателей по охране атмосферного воздуха зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов. – М. : Москва, 1989.
7. Механизация животноводства / В. Р. Алешкин, Г. М. Рощин ; под ред. С. В. Мельникова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 336 с.
8. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – 3-е издание – М. : Наука, 1975. – 768 с.
9. Воронов А. А. Основы теории автоматического регулирования и управления. Уч. пособие для вузов / А. А. Воронов. – М. : Высшая школа, 1977.
10. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7 : Самоучитель / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК – Пресс, 2008. – 784 с.
11. Жидецкий В. Ц. Основи охорони праці / В. Ц. Жидецкий, В. С. Джигирей, О. В. Мельников / – Вид. 2-е, стереотипне. – Львів : Афіша, 2000. – 348 с.
12. Кукта Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
13. Кулаковский И. В. Машины и оборудование для приготовления кормов. Справочник, ч. I. / И. В. Кулаковский, Ф. С. Кирпичников, Е. И. Резник. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 285 с.

					141.4301з.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Неф Е. Технология прессования / Е. Неф. 1977.
15. Ротач В. Я. Теория автоматического управления / В. Я. Ротач. – М. : МЭИ, 2004. – 400 с.
16. Яковлев О. Г. Программирование ПЛК / О. Г. Яковлев – М. : Москва 2001.

					141.4301з.БР.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		