

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ЦАПИК Тарас Дмитрович

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗВОЛОЖЕННЯ ЗЕРНА НА ВИРОБНИЦТВІ
ТОВ “ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ”/ OPTIMIZATION OF THE GRAIN MOISTURIZATION
PROCESS IN “LERIZ OBJECT” LLC PRODUCTION

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Магістерська робота

Виконав студент групи
АКІТм-11
Т.Д. Цапик

Науковий керівник:
к.т.н., О.М. Заставний

Магістерську роботу допущено до захисту:

“ _____ ” _____ 2023р

Завідувач кафедри

_____ А.І. Сегін

Тернопіль 2023

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

Освітній ступінь "магістр"

спеціальність:151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І. Сегін

“ _____ ” _____ 20__ р

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ЦАПИК Тарас Дмитрович

_____ (прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Оптимізація процесу зволоження зерна на виробництві ТОВ “ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ”/Optimization of the grain moisturization process in “LERIZ OBJECT” LLC production.

керівник роботи к.т.н. О.М. Заставний.

затверджені наказом по університету від 8 грудня 2022р №491

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи

30 листопада 2023р

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Структура системи зерноочисного відділення виробництва.

2. Технічні засоби моніторингу вологості зерна.

4. Основні питання, які потрібно розробити

1. Дослідження процесу зволоження зерна на виробництві.

2. Проектування автоматизованої системи керування зволоження зерна.

3. Розробка програмного забезпечення.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Технологічний процес очищення і підготовка зерна до помелу.

2. Програмне забезпечення системи керування.

3. Схема електрична принципова.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	О.М. Заставний к.т.н., ст.викладач кафедри СКС		
2	О.М. Заставний к.т.н., ст.викладач кафедри СКС		
3	О.М. Заставний к.т.н., ст.викладач кафедри СКС.		

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз відомих систем управління процесом зволоження зерна перед помелом.	12.2022р. – 02.2023р.	
2	Проектування автоматизованої системи керування зволоження зерна	03.2023р. – 06.2023р.	
3	Розробка математичної моделі об'єкта керування	07.2023р. – 11.2023р.	

Студент

(підпис)

Т.Д. Цапик

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н. О.М. Заставний

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 59 сторінках та містить 25 рисунки, 3 додатки, 16 джерела за переліком посилань.

Мета кваліфікаційної роботи. Дослідження процесу зволоження зерна на виробництві.

Результати роботи. В роботі проведено розробку автоматизованої системи керування зволоженням зерна на базі зволожувальної машини А1 – БШУ – 1 зерноочисного відділення ТОВ “Лерізі Обджект” у напрямку вдосконалення системи управління процесом зволоження. Це дозволяє зробити систему керування універсальною для цехів аналогічної дії.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Запропонована автоматизована система керування зволоженням зерна дозволяє максимально ефективно керувати витратами енергоресурсів при отриманні максимально якісного результату, а також дозволяє мінімізувати вплив людського фактору.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЬ, ВОЛОГІСТЬ.

ABSTRACT

Work is executed on 59 pages and including 25 illustrations, 3 additions, 16 sources after the list of references.

The purpose of the qualification work. Research of the process of grain moistening in production

Work results. In the work, the development of an automated grain humidification control system based on the humidification machine A1 – БИИY – 1 of the grain cleaning department of “LERIZ OBJECT” LLC in the direction of improving the control system of the humidification process. This makes it possible to make the control system universal for workshops of similar operation.

The use of work results recommendations. The proposed automated grain moisture management system allows for the most efficient management of energy resources while obtaining the highest quality result, and also allows for minimizing the influence of the human factor.

Keywords: AUTOMATED SYSTEM, CONTROL, HUMIDITY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ЗВОЛОЖЕННЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМЕЛОМ	11
1.1 Аналіз систем управління зволоження зерна	11
1.1.1 Система управління потоками і зволоженням зерна "ІнноВінн"	11
1.1.2 Система зволоження потоків зерна фірми "Хлібодар"	11
1.1.3 Комплексна АСУТП млинів ТОВ "Агротех".....	14
1.2 Етапи очищення зерна перед помелом	15
1.2.1 Основні етапи технологічного процесу підготовки зерна до помелу.....	17
1.3 Перспективи розвитку борошномельного виробництва в Україні.....	20
2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗВОЛОЖЕННЯ ЗЕРНА.....	22
2.1 Характеристика виробу та його призначення	22
2.2 Хлібопекарні властивості пшениці	28
2.3 Обґрунтування необхідності розробки системи керування процесом зволоження зерна на виробництві ТОВ "ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ"	29
2.4 Технологічний процес підготовки зерна до помелу на виробництві ТОВ "ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ"	32
2.4.1 Вплив води на вологість зерна.....	35
2.4.2 Обладнання для зволоження зерна.....	36
2.5 Розробка структурної схеми керування процесом зволоження зерна.....	38
2.5.1 Апаратне забезпечення, яке використовується в системі керування.....	40
2.5.2 Функціональна схема автоматизації.....	47
2.5.3 Схема електрична принципова	47
3 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	49
3.1 Якість функціонування об'єкта управління	51
3.2 Модель системи управління.....	53
3.3 Створення програмних компонентів системи управління.....	56
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
Додаток А	61
Додаток Б.....	62

ВСТУП

Актуальність теми. Зернове господарство – провідна галузь агропромислового комплексу України. Макроекономічне значення зернового сектора – це майже 30% вартості валової продукції сільгоспвиробництва. Щороку зернові культури займають 45 – 55% загальної посівної площі.

У сфері виробництва борошна однією з ключових задач для працівників є постійне підвищення та покращення якості готової продукції. Це досягається за допомогою впровадження нових методів та удосконалення існуючих способів зволоження зерна перед помелом. Розробка і вдосконалення цих методів є важливою науковою задачею у сфері переробки зерна.

Зволоження зерна охоплює комплекс заходів для підготовки зерна до переробки, основною метою є поліпшення технологічних характеристик зерна та отримання продукту з покращеними властивостями. У борошномельній галузі вже давно використовується метод гідротермічної обробки для поліпшення тех. властивостей зерна. Сучасні дослідження підтверджують, що сучасні способи обробки зерна водою сприяють збільшенню виходу та якості готової продукції, при цьому знижуючи енерговитрати на розмелювання. Таким чином, застосування цього методу стає економічно обґрунтованим для великих млинів.

Найсучасніші млини обладнані машинами для швидкісного кондиціювання та зволоження зерна. Однак наукові аспекти зволоження зерна залишаються актуальними і в сучасному світі. Незважаючи на різноманіття видів зерна, яке обробляється на млині, важливо забезпечити високу якість продукції. Це може бути досягнуто, створюючи окремі помольні партії. Ще однією альтернативою є використання гідротермічної обробки.

Гідротермічна обробка призводить до послаблення зв'язків між оболонками та ендоспермом, сформувавши структуру оболонок пластично-

в'язкою. При цьому вода створює напружений стан капілярів набряклих оболонок, що супроводжується концентрацією напруг на окремих ділянках. Все це полегшує відділення оболонок з мінімальними втратами ендосперму.

У виробництві борошна використовують два методи обробки зерна водою: зволоження та мийку. Під час зволоження, намагаються досягти того, щоб вода проникла через пори в оболонки зерна, змінюючи його структуру. Це допомагає підвищити якість та покращити технологічні властивості зерна. З іншого боку, мийка використовується для очищення зерна від зовнішніх покривів, особливо борозенок, від пилу та мікроорганізмів. Також цей процес дозволяє виділити з маси зерна легкі та важкі домішки. Актуальність питання процесу зволоження зерна в технології його розмелювання пов'язана з необхідністю досягнення двох основних цілей: підвищення виходу продукції вищої якості та зменшення часових витрат. Застосування сучасних методів зволоження дозволяє оптимізувати виробничі процеси, забезпечуючи ефективніше використання ресурсів та поліпшення якості борошна. Такі інновації сприяють підвищенню конкурентоспроможності підприємства в галузі борошномельного виробництва.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає у дослідженні процесу зволоження зерна, розробка автоматичної системи керування зволоженням зерна зерноочисного відділення ТОВ “Леріс Обджект”.

Для досягнення мети роботи необхідно:

- провести аналіз відомих систем управління процесом зволоження зерна;
- обґрунтування необхідності розробки системи керування процесом зволоження;
- розробка структури та алгоритму роботи автоматизованого виробничого комплексу;

Об'єкт дослідження: процес зволоження зерна на виробництві.

Предметом дослідження є автоматизована система керування зволоженням зерна.

Наукова новизна одержаних результатів: розроблено структурну схему моделі системи керування процесом підготовки зерна до помелу, що дозволить покращити кінцевий результат.

Практичне значення отриманих результатів: під час підготовки вологості зерна для подальшого помелу, в результаті аналізу передавальної характеристики, була розроблена модель системи керування, визначена структура та параметри регулятора. Дану систему управління можна використати на виробництвах з переробки зерна.

Апробація. За результатами досліджень підготовлено та опубліковано дві тези доповідей наукових конференцій, які наведені в додатку В.

1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ЗВОЛОЖЕННЯ ЗЕРНА ПЕРЕД ПОМЕЛОМ

1.1 Аналіз систем управління зволоження зерна

1.1.1 Система управління потоками і зволоженням зерна "ІнноВінн"

"ІнноВінн" пропонує систему управління потоками зерна з метою стабілізації і управління навантаженням технологічних ліній, формування помольних партій зерна, технологічного обліку зерна.

До складу системи входять лоткові витратоміри зерна, керовані засувки, ваговимірювальні термінали і мікроконтролери, причому один витий обслуговує до восьми лоткових витратомірів. Система може використовуватися автономно або (краще) спільно з СДАУ.

Функції системи управління зволоженням зерна перед помелом:

- введення розрахункової кількості вологи в зерно перед помелом
- автоматичне управління подачею води залежно від потоку зерна, заданого значення вогкості і інших чинників
- стабілізація вогкості зерна, підготовленого до помелу
- оптимізація зволоження зерна з метою досягнення заданої вологості кінцевої продукції.

Система управління зволоженням може виконувати інтелектуальні функції - облік характеристик зерна при розрахунку необхідного дозволоження, самоналагоджуватись в процесі експлуатації для оптимізації зволоження. В основі інтелектуальних функцій - математичний апарат теорії нечіткої логіки (fuzzy logic).

1.1.2 Система зволоження потоків зерна фірми "Хлібодар"

Система призначена для автоматичного зволоження зерна на першому і, при необхідності, на другому етапі зволоження в зерноочисному відділенні мукомельного заводу і виконує наступні функції:

- вимірювання витрати і вогкості зерна;
- вимірювання витрати води;
- обчислення витрати води для зволоження зерна;
- регулювання витрат води і зерна;
- сумарний облік кількості зерна і води;
- висновок на друк результатів роботи за зміну;
- ведення архіву по всіх контрольованих параметрах на глибину 90 діб.

Основні характеристики системи управління:

- Витрата зерна - 1,0-10 тонн
- Витрата води - 30-2500 л/година
- Вогкість зерна - 8-20%
- Похибка вимірювання витрати води - $\pm 1,0\%$
- Похибка вимірювання вогкості зерна - $\pm 0,3\%$
- Похибка регулювання витрати зерна - $\pm 2,0\%$
- Похибка регулювання витрати води - $\pm 2,0\%$

Показники надійності системи:

- Середній час відновлення - 1 година.
- Термін служби - 12 років

Склад системи:

1. Пристрій вимірювання і регулювання витрати зерна РРЗ.
2. Дозатор води ДВ.
3. Індикатор вогкості зерна ІВЗ.
4. Контролер управляючий КУ.
5. Персональний комп'ютер ПК.

Короткий опис системи

1. Регулятор витрати зерна РРЗ використовується для регулювання, а також вимірювання витрати зерна в нерозривному потоці за допомогою важіль-вагового пристрою на тензодатчики, шарнірно пов'язані з лотком. Сила, діюча на датчики, пропорційна витраті зерна. Сигнал від тензодатчика

поступає в КУ, де порівнюється з кодом заданої витрати зерна, і залежно від результату порівняння, видає на електропривід сигнали "Відкрити" або "Закрити".

2. Дозатор води. Призначений для вимірювання і регулювання витрати води під час зволоження зерна в безперервному потоці. Елементи дозатора розміщені на панелі і утворюють єдину водопровідну систему. До складу дозатора води входять лічильник витрати води з перетворювачем витрати води і контролером, регулюючий клапан з електроприводом, відсічний клапан з електромагнітним приводом. Вода, що поступає від водопровідної мережі проходить фільтр, відсічний клапан і регулюючий клапан і по трубопроводу подається в шнек зволоження зерна. По цифровому індикатору контролера проводиться візуальний контроль поточного значення витрати води в л/ч. Для здійснення автоматичного регулювання витрати води при зволоженні зерна, зовнішні електричні ланцюги ДВ підключаються до контролера системи зволоження зерна.

3. Індикатор вогкості зерна ІВЗ призначений для безперервного вимірювання вогкості зерна в потоці безпосередньо в зернопроводах із забезпеченням автоматичної корекції по температурі контрольованого зерна.

4. Система вимірювання вологості зерна забезпечена приладами візуального спостереження і апаратурою ручного управління. Програма працює як в ручному, так і в автоматичному режимі. Управління роботою системи здійснюється з автоматизованого робочого місця оператора, встановленого в операторському приміщенні млина. Система має можливість роботи при ручному введенні лабораторних значень вологості.

5. Термін впровадження системи без зупинки виробництва не більше 3 місяців.

Застосування даної системи зволоження з використанням високоточних вимірників вогкості зерна, витрати води і зерна дозволило стабілізувати вихідну вологість зерна. А це, у свою чергу, дозволяє збільшити вихід

кінцевої продукції вищого сорту, що дає істотний економічний ефект і швидко окупність засобів.

1.1.3 Комплексна АСУТП млинів ТОВ “Агротех”

АСУТП охоплює весь технологічний цикл виробництва борошна. Об'єкт складається з двох наступних один за одним, функціонально різних технологічних ділянок – зерноочисного і розмельного відділень. Готова продукція з розмельного відділення передається в бункерний склад трьома ізольованими системами пневматичного транспорту. Виходячи із заданого режиму роботи відділень, система розроблялася, як комплексна АСУТП, що складається з двох автономно функціонуючих АСУ, відповідно:

- зерноочисного відділення:
- розмельного відділення.

Між системами існує опосередкований зв'язок через фізичні канали управління загальним для обох ділянок допоміжним устаткуванням. Для обох систем уніфіковані: ряд цехових засобів КТС, апаратні засоби ПТК, засоби розробки і виконавські системи ПО, інженерно-психологічні і стильові рішення операторських інтерфейсів. Управління млином здійснюється одним оператором – змінним майстром, з центрального диспетчерського поста, з двох робочих станцій.

Склад структур показує, що основні функції автоматичного управління технологічними режимами зосереджені в системі зерноочисного відділення, а в розмельному переважають інформаційно - облікові функції. Такий розподіл відображає головну мету автоматизації мукомельної технології в цілому: в зерноочисному відділенні – стабілізувати характеристики сировини, в розмельному – підвищити об'єм, достовірність і швидкість циркуляції інформації в людино-машинному контурі евристичного управління процесом.

АСУТП зерноочисного відділення забезпечує:

- дистанційне автоматизоване керування устаткуванням трьох технологічних маршрутів і аспіраційну систему (пуск, зупинку, аварійні

блокування) – всього 36 електроприводів, у тому числі 4 – з частотним регулюванням;

- інтерактивну настройку і автоматичну стабілізацію витрати зерна на технологічні лінії з допомогою регуляторів масової і об'ємної витрати, а також режимів зволоження;

- автоматичне регулювання заданих рівнів заповнення місткостей;

- візуалізацію стану режимів, ємностей і устаткування, сигналізації, інформаційну текстову підтримку, протоколювання і архівацію.

1.2 Етапи очищення зерна перед помелом

Метою технологічних процесів очищення та підготовки зерна перед помелом є ефективна обробка зернової суміші для вилучення зайвих домішок, поліпшення технологічних характеристик та підвищення стійкості якості зерна.

Очищення і підготовка зерна до помелу включає:

- формування помельних партій зерна;

- очищення зернової маси від сторонніх домішок;

- очищення поверхні зерна;

- кондиціонування (зволоження) зерна;

- контроль побічних продуктів і відходів[1] (додаток А).

Для видалення із зерна легких домішок, щуплих і недорозвинених зерен, обломків колосків і мінерального пилу використовують машини, які здійснюють цю операцію за допомогою повітряного потоку – аспіратори. Загальна кількість виділених легких домішок після кожного проходу машин повинна становити 75%, щуплих домішок – 20 - 30% від їх загального вмісту в зерновій масі. Вміст корисного зерна у виносках не повинен перевищувати 2%. Після проходу зерна через пневмоаспіратор в результаті зменшення запиленості його зольність повинна знизитись до 0,01 – 0,02%. Сита – основні робочі органи машин, які є обладнанням зерноочисного відділення. Вони

характеризуються формою і розміром отвору і коефіцієнтом живого перерізу. Розмір отвору взаємопов'язаний з номером сита. Коефіцієнт живого перерізу характеризує просіювальну властивість сита. Його визначають як відношення площі отвору до всієї поверхні сита. В зерночисному відділенні використовують штамповані і металоткані сита.

Для очистки основної маси зерна від сторонніх домішок, які відрізняються розмірами і аеродинамічними властивостями, використовують зерночисні машини з циліндричними або плоскими ситами. На цьому етапі очистки ведучою машиною є сепаратор. Від його ефективної роботи залежить якість очистки зерна.

У зерновій масі зустрічаються мінеральні й інші домішки, які по своїх розмірах і аеродинамічних властивостях близькі до зерна основної культури. Такі домішки (дрібні камені, галька, пісок, шматочки немагнітних металів і ін.) не можуть бути виділені в звичайних повітряно-ситових сепараторах, тому їх відносять до тих які важко відділити. Попадання в готову продукцію навіть невеликої кількості цих домішок приводить до випуску нестандартної продукції. Зазначені домішки відокремлюють у каменевіддільних машинах

У масі зерна, очищеного від домішок у камневіддільювальних машинах і трієрах, залишається велика кількість пилу, що збирається в основному в борозенці і на волосках борідки, а також грудочок землі, піску і мікроорганізмів.

Після оббивальної машини зерно поступає на ентолейтор. Ентолейтори - це машини ударно-втираючої дії. Їх використовують для різних технологічних операцій: знезаражування (стерилізація) зерна РЗ-БЕЗ і борошна РЗ-БЕМ. Відповідно з визначенням ентолейтори встановлюють у підготовчому відділенні готової продукції. Розміщення технологічного обладнання зернопереробних підприємств на кількох поверхах виробничого приміщення вимагає переміщення продуктів у трьох напрямках: зверху вниз, знизу вверх і по горизонталі.

В склад транспортного обладнання входять: само тічні труби – гравітаційний транспорт, норії і пневмотранспортні установки для переміщення знизу вверху, стрічкові, ланцюгові і гвинтові конвеєри, аерозолоби для переміщення по горизонталі.

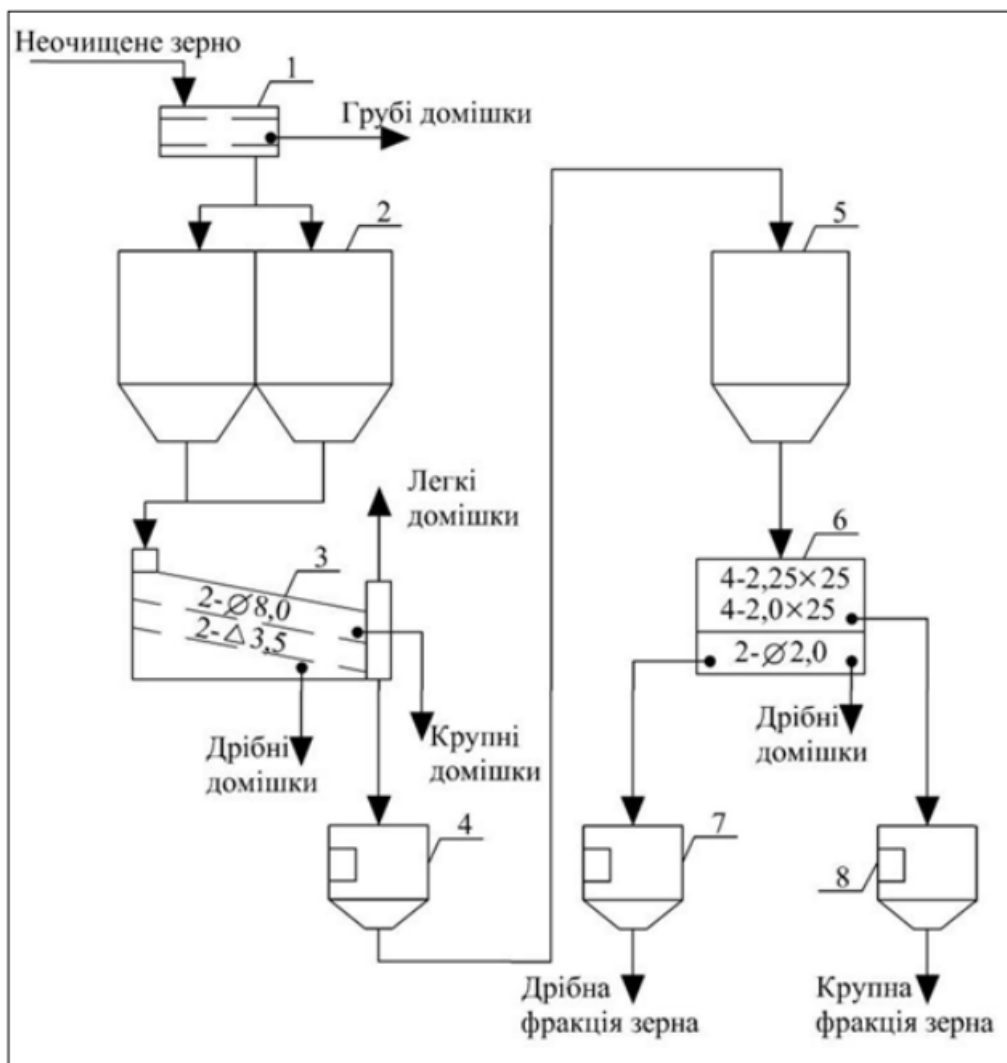


Рисунок 1.1 - Структура технологічного процесу попереднього очищення зерна на елеваторі

1.2.1 Основні етапи технологічного процесу підготовки зерна до помелу

Технологічні етапи очищення та підготовки зерна перед його розмелюванням визначаються конкретними вимогами до якості очищення від різних домішок, що важливо для певного типу помелу. Послідовність проведення цих операцій визначається з урахуванням виду зерна, його

вологості, характеру домішок та особливостей технологічного процесу. Однак загальною метою є досягнення високої якості зерна перед його подальшою обробкою.

При побудові схеми підготовки зерна до помелу слід користуватися рекомендованою послідовністю операцій і порядком застосування машин і обладнання, які наведено у таблиці 1.1[1].

Таблиця 1.1 - Рекомендовані операції технологічного процесу підготовки зерна до помелу і їх послідовність

Операції	Машини і обладнання
Приймання зерна із зерносховища	Засіки для неочищеного зерна
Формування помельних сумішей або потоків зерна	Дозатори зерна, змішуючі шнеки
Зважування	Автоматичні ваги
Виділення металоманітної домішки	Магнітні сепаратори
Підігрівання холодного зерна	Машини для підігріву зерна
Перша сепарація зерна	Сепаратор повітряно – ситовий
Виділення мінеральних домішок	Каменевідбірна машина
Виділення коротких домішок	Трієр - кукілевідбірник
Виділення довгих домішок	Трієр - вівсюговідбірник
Виділення металоманітної домішки	Магнітні сепаратори
Перша обробка поверхні зерна	Оббивальна машина
Виділення легких домішок	Аспіратор
Обробка зерна водою. Холодне кондиціонування. Перший етап зволоження.	Машина для миття + зволожувальна машина Машина для мокрого луцення + зволожувальна машина.

Продовження таблиці 1.1

Операції	Машини і обладнання
Формування помельних партій	Дозатори зерна, змішувальні шнеки
Виділення легких домішок	Аспіратор
Другий етап зволоження і відволоження	Зволожувальний апарат (машина для інтенсивного зволоження). Засіки для відволоження Дозатори зерна
Швидкісне кондиціонування	Апарат для швидкісного кондиціонування. Бункер для теплообробки (темперування). Машина для миття. Вологознімник. Зволожувальний апарат. Засіки для відволоження. Дозатори зерна
Виділення металомагнітної домішки	Магнітні сепаратори
Друга обробка поверхні зерна	Оббивальна машина.
Виділення мінеральних домішок	Каменевідбірна машина
Знищення прихованої зараженості	Ентолейтор-стерілізатор
Виділення легких домішок	Аспіратор
Друге сепарування	Сепаратор повітряно-ситовий
Зволоження і відволоження зерна перед I драною системою	Зволожувальний апарат, змішуючий шнек. Засік для відволоження
Зважування й дозування підготовленого зерна перед I др.с.	Автоматичні ваги. Дозатори

Згідно рекомендованим нормам, зерно, яке надходить на борошномельні заводи, повинно містити не більше 2% смітцевої домішки (при наявності обладнання для обробки зерна на елеваторі – не більше 1%) і не більше 5% зернової домішки[3].

Принципову схему технологічного процесу підготовки пшениці до помелу наведено на рисунку 1.2.

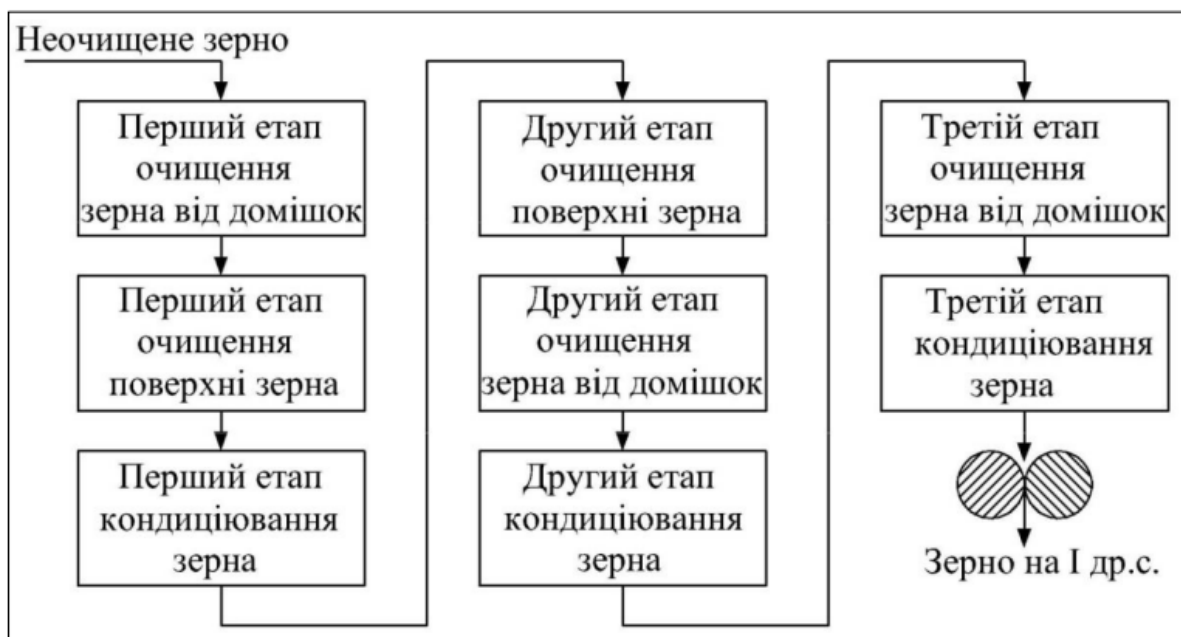


Рисунок 1.2 - Принципова схема технологічного процесу очищення і підготовки зерна до помелу

1.3 Перспективи розвитку борошномельного виробництва в Україні

Борошномельна галузь є важливою складовою зерно-промислового комплексу, що спеціалізується на переробці зернових культур в Україні. Цей сектор займає ключове місце в агропромисловому комплексі країни. В умовах економічної рецесії, важливим завданням стало своєчасне визначення проблем у функціонуванні цього комплексу та розробка шляхів їх вирішення.

Найсуттєвішими факторами, які впливають на розташування підприємств з виробництва борошна, є споживачі та наявність сировинних ресурсів. Пшениця, займаючи 80%, виконує ключову роль у структурі продовольчого споживання.

Ринок борошна в Україні визначається переважно внутрішнім споживанням. Протягом періоду з 1990 року за офіційною статистикою виробництво борошна зменшилося майже в 3 рази, з 7,6 мільйонів тонн у 1990 році до 2,5 мільйонів тонн у 2013 році.

Причому потужності з виробництва борошна знаходяться на рівні понад 10 млн. т, що приблизно в три рази більше, ніж необхідно для власного споживання, так в 2012 р. коефіцієнт використання наявних потужностей становив усього 26,5 %[4]. Загальна кількість підприємств за останні 3 роки скоротилася майже на 23%, що пов'язано з тим, що більшість виробництв не витримують конкуренції[5]. Основними причинами стала низька технічна озброєність виробництв, неповне завантаження потужностей. Що стосується характеристики продукції, то борошно відноситься до типу продукції з жорстко стандартизованими показниками якості і тому традиційно вважається знеособленим товаром. Треба зазначити, що продукція на сегменті нефасованого борошна, споживачами якої виступають промислові підприємства, й зараз є стандартизованою що стосується сегменту дрібно фасованого борошна. То зараз на ринок виводяться продукти з унікальними характеристиками – борошно грубого помелу, борошно з висівками, з вмістом корисних речовин та вітамінів.

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗВОЛОЖЕННЯ ЗЕРНА

2.1 Характеристика виробу та його призначення

Мукомельні властивості зерна в значній мірі характеризуються вмістом ендосперму, кількість якого в пшениці коливається від 74% до 85%, в жита – 75% до 79%. Ці властивості зерна визначають дослідними помелами, які проводять в лабораторному млині.

Якість зерна, яке направляється для переробки на борошно оцінюють по наступних показниках:

Загальнообов'язкових – характеризують свіжість чи здоров'я зерна (смак, запах, колір) і його стан. По цих показниках судять про стійкість зерна при зберіганні, можливості його використання, необхідність обробки і його режими. Такі показники зерна визначають незалежно від його призначення;

Загальних специфічних – характеризують технологічні переваги зерна. Це типовий склад, крупність, скловидність, кількість і якість клейковини, зольність;

Додаткових – визначають у випадку необхідності чи по особливому наказу (густина, міцність, повний хімічний склад чи вміст окремих речовин (білків), активність ферментів).

Визначення всіх показників якості зерна проводиться відповідно до стандартизованих методів. Якість зерна встановлюють у лабораторних умовах органолептичного з використанням різних пристроїв і установок.

Зольність – це кількість золи, утвореної в результаті спалювання навіски зерна чи муки, вираженої в процентах до маси навіски. Зола створюється як із неорганічних, так і з органічних речовин зерна (білків, фосфатів). Вона складається із оксидів і солей різних мінеральних елементів, що входять в склад зерна: калію, фосфору, натрію.

Зольність являється важливим показником мукомельних властивостей

зерна, оскільки по її вмісту можна робити умовні висновки про якість проміжних і кінцевих продуктів переробки. Зольність грає важливу роль у контролі повноти відокремлення оболонки від ендосперму. Задачею технолога є побудова такого технологічного процесу, щоб із зерна одержати борошна, яка по зольності не є вищою встановлених норм, а середньозважену зольність всієї муки приблизити до зольності ендосперму.

Низько зольне зерно у промисловості ціниться вище, бо при його переробці вихід сортової муки зростає. Оскільки зольність борошна залежить від зольності початкової сировини, то зольність входить в групу показників, які використовуються для розрахунку вихідної продукції.

Для пшениці і жита базовий рівень зольності становить 1,97%. За кожен 0,01% зольності зерна пшениці вище базових норм при сортових помелах вихід борошна зменшується на 0,18%. Одночасно на цю ж величину збільшується вихід відходів.

Але враховуючи коливання зольності зерна в залежності від різних факторів, можна сказати, що зольність лише приблизно відображає дійсне відношення ендосперму і оболонок і не дає повного уявлення про якість зерна і муки. Правильніше було б судити про відношення частин зерна по вмісту крохмалю, який входить тільки в склад ендосперму, а також по кольору одержаної муки.

Зольність розраховують в процентах на суху речовину по формулі:

$$X = \frac{M_3 \cdot 100 \cdot 100}{M_n (100 - w)}, \quad (2.1)$$

де M_3 - маса золи, г;

M_n – маса розмеленого зерна, г;

w – вологість розмеленого зерна, %

Скловидність – це важливий показник якості, з яким пов'язані технологічні властивості зерна, режими підготовки до помелу і подрібнення. Зерно буває скловидним, наполовину скловидним і мучнистим.

Скловидними називають такі зерна, які слабо переломлюють промінь світла при просвітленні здаються прозорими. Мучнисті зерна при розгляданні на світлі непрозорі і при просвітленні здаються темними. В розрізі білі. Скловидність характеризує визначені механічні властивості зерна (його твердість), що відображається на подрібненні і формуванні проміжних продуктів як по якості, так і по кількості.

Скловидність дає характеристику степеня зв'язку білкових речовин з крохмальними зернами. В скловидній пшениці білок більш тісно пов'язаний з крохмальними зернами (прикріплений білок) і його важче відділити. В зерні з мучнистим ендоспермом більше проміжного білка, який при розмелі більш легше звільняється. Отже, зерно із скловидним ендоспермом характеризується вищою механічною міцністю, що сприяє кращій організації процесу його переробки.

Скловидне зерно при визначених режимах підготовки легше вимолується і дає більший вихід крупок, ніж мучнисте. Стандартами на зерно передбачається визначення склоподібності пшениці[6].

Вологість має велике значення при зберіганні і переробці зерна. Кількісний склад, стан і характер взаємодії вологи з частинами зерна суттєво впливають на його технологічні властивості. З врахуванням стійкості при зберіганні, а також можливості переробки встановлено чотири стани зерна по вологості (табл.2.1). Під час зберігання та при обробці зерна, величезне значення має показник його вологості. Потрібно відрізнити природню і технологічну вологості. Значення природної вологості – це показник вологості зерна, з яким воно надійшло на виробництво, зберігається і переміщається на подальшу переробку. Технологічна вологість – це значення вологості зерна, при розмелюванні. Це значення створюється штучно за допомогою різного обладнання.

Таблиця 2.1 Стани зерна по вологості

Стан зерна	Вологість
Сухе	До 14% включно.
Середньої сухості	Більше 14% до 15,5% включаючи
Вологе	Більше 15,5 до включаючи
Сире	Більше 17%

Вологість зернової суміші обумовлює її гігроскопічність, тобто властивість поглинання і віддачі вологи, яка залежить від фізичних, технологічних властивостей, хімічного складу зерна, а також від термодинамічних умов навколишнього середовища.

Суттєво впливає на вологість зерна пшениці відносна вологість повітря і температура. Під час гідротермічної обробки зерна пшениці, вода, яка знаходиться в оболонках з розвиненою капілярною системою, виконує роль пластифікатора. Цей процес стимулює наростання пластичних деформацій, що призводить до збільшення міцності і в'язкості оболонок. Під час обробки зерна з підвищеною вологості (15,5...16,5%), спостерігається помітне покращення якості борошна, але при цьому знижується продуктивність мукомельного обладнання а також збільшується розхід електроенергії.

Розмолоти зерно з вологістю більше 18% майже неможливо. З іншого боку, при переробці зерна з вологістю менше 15%, його оболонки легко деформуються та руйнуються. Попадаючи разом з частинами ендосперму в борошно, вони різко погіршують його якість. Особливо важливе значення має створення диференційованої вологи частин зерна, тобто утворення таких умов, коли вологість оболонок значно перевищує вологість ендосперму. Це, в свою чергу, сприяє більш повному відділенню оболонок з метою поліпшення асортименту і якості продукції.

Про крупність зерна можна отримати певне уявлення з таблиці 2.2

Таблиця 2.2 Показники крупності зерна

Культура	Товщина	Ширина	Довжина
Пшениця	1,6...3,8	1,8...4,0	4,8...8,6
Жито	1,0...3,4	1,4...3,4	5,0...9,8

З трьох лінійних розмірів мукомельні властивості найповніше характеризує товщина зерна. Чим більша його величина тим кращі його мукомельні властивості. Зерно округлої форми має кращі мукомельні властивості ніж зерно з загостреними краями, визначення крупності зерна і вмісту окремих фракцій по величині в партії зерна необхідно проводити для того щоб вірно вибрати сита і підібрати розміри комірок в зерночисних машинах.

Величина зерна може характеризувати специфічний показник – маса 1000 зерен, яку розраховують на суху речовину. Зерно ділять на велике, середнє та дрібне. Наприклад, для пшениці маса 1000 зерен коливається від 12 до 75 г. Велике зерно має масу понад 35 г, дрібне – менше 25г[7].

Клейковина – це комплекс білкових речовин зерна, здатних під час набухання у воді утворювати зв'язкову еластичну масу. Борошно з пшениці з високим вмістом клейковини можна використовувати в хлібопеченні самостійно або як покращувач слабких сортів пшениці[8, 9].

Натура відноситься до найважливіших показників якості зерна. Під терміном "натура" розуміється маса одного літра зерна, виміряна у грамах. Чим вищий цей показник, тим кращі мукомельні властивості зерна, тим менше в зерні оболонки і більше ендосперма. Із збільшенням вологості, натура зерна зменшується. Натура різних культур має неоднакове значення, наприклад, натура пшениці – 740-790 г/л; ячменю – 540-610; вівса – 460-510 г/л[10]. На показник натури впливає характер та форма поверхні, вирівнюваність, вологість, кількість та характер домішок зернової маси.

Крупні органічні домішки понижують натуру, а мінеральні підвищують. Натура зерна після сушки і очистки зазвичай підвищується. Тому перед її визначенням зерно рекомендують спершу очистити, пропустити через сепаратор. При розрахунку натуре до уваги беруть вологість зерна. Якщо вона перевищує базисну норму, то за кожен процент перевищення базисної вологості кінцевий результат збільшують на 5 г/л для пшениці I, II і III типів і на 3 г/л для пшениці IV типу. Чим вища щільність зерна тим вища його натура. Натура зерна різних культур приведена у (табл.2.3).

Таблиця 2.3 Натура зерна різних культур

Культура	Натура, г/л
Пшениця	620...870
Жито	670...735
Овес	530...640
ячмінь	440...570

Щільність зерна пшениці коливається в межах від 1,33 до 1,53 г/см. Найбільшу щільність у зернівок злакових культур має ендосперм, багатий на крохмаль, найменшу – оболонки, які складаються з клітковини, різну щільність ендосперму і оболонок використовують при помелі зерна в процесі збагачення. М'яке і щупле зерно, містить відносно більше оболонок і зародків, має меншу щільність, ніж крупне.

Міцність – це здатність зерна опиратись механічним впливам.

Міцність зерна коливається в залежності від району проростання, культури, вологості, скловидності зернівки і інших показників.

З підвищенням крупності і скловидності зерно стає більш крихким, а з їх зниженням – підвищуються пластичні властивості. При стиску зерна зародок пліється і алейроновий шар незначно деформується.

2.2 Хлібопекарні властивості пшениці

Головними показниками, які характеризують хлібопекарні властивості муки, являються кількість і якість клейковини, газоутворююча і водопоглинаюча здатність. Хлібопекарні властивості борошна перевіряють пробною випічкою. Ці властивості характеризуються фізичними властивостями тіста, об'ємним виходом хліба, кольором і пористістю м'якушки, відношенням висоти подового хліба до його діаметру.

Зернівка пшениці містить білки, що можуть утворювати при замісі тіста клейковину, яка являє собою білковий комплекс, що залишається після промивання тіста водою і видалення з нього крохмалю, клітковини і водорозчинних речовин. Відмита сира клейковина містить 70% води. Склад сирої клейковини в зерні пшениці 12..50%. Вміст клейковини більше 32% рахується високим, 23..28% – середнім, 23% – низьким.

Білки, які утворюють клейковину, розміщені тільки в ендоспермі зерна, головним чином тільки в його периферійних частинах, тому мука вищого сорту має менше клейковини, ніж першого і другого. Так, визначення кількості та якості клейковини в зерні пшениці важливо для оцінки його величини та придатності до виробництва борошна. Якість сирої клейковини оцінюється за її пружними і еластичними властивостями. Стандарти встановлюють процедури та критерії для визначення цих параметрів зерна. Клейковина борошна по кольору буває світла чи темна. Темний колір має клейковина, яка одержана із пророслого зерна, скорченого самонагрівом, пошкодженого морозом чи клопом – черепашкою. Розрізняється клейковина також по еластичності.

Якість клейковини, тобто її пружність P , розтягуваність і енергію тіста W (питому роботу, що затрачена на розтягування тіста), визначають на альвеографі. Чим менша площа альвеограми, тим гірші хлібопекарні властивості тіста.

По хлібопекарним властивостям м'яку пшеницю ділять на три групи:

- сильна, тобто пшениця, яка дає хліб відмінної якості і придатна для використання як самостійно, так і в якості поліпшувача (при змішуванні вона передає свої сильні властивості пшениці з слабкою клейковиною);
- пшениця, яка придатна для самостійного використання, але не може бути використана в якості поліпшувача;
- слабка пшениця, яка потребує в добуванні поліпшувача для підвищення хлібопекарних властивостей.

Стандарти грають важливу роль у забезпеченні якості зернових продуктів і їх використанні в переробних підприємствах. Вони надають чіткі специфікації та вимоги, які допомагають стандартизувати якість та безпеку цих продуктів на ринку. В стандартах вказані базові і обмежуючі кондиції. Базисними кондиціями для зерна, яке поступає на мукомельні підприємства, являються норми якості, які забезпечують його зберігання і одержання стандартної продукції. Ці норми встановлюють по вологості, зольності, засміченості, за вмістом клейковини і по іншим показникам.

Базисна якість зерна пшениці і жита, що поступають на мукомельний завод для переробки в муку, визначається наступними нормами: вологість 14,5%; зольність в чистому зерні (без домішок) 1,97%; вміст сміттєвих домішок 1%, в тому числі мінеральної 0,1%, шкідливої 0,1%; вміст зернових домішок 1%; скловидність 55% для м'якої пшениці, для твердої 75%. На підприємствах зерно піддають попередній підготовці – сушці (при необхідності), очищенню від домішок. В результаті такої підготовки зерно, яке передається із зернохосовищ на мукомельних завод, має відповідати визначеним вимогам.

2.3 Обґрунтування необхідності розробки системи керування процесом зволоження зерна на виробництві ТОВ “ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ”

Збільшення потужності заводів, вдосконалення технологічних процесів, збільшення виходу високих сортів борошна сильно залежить від проведення організаційно - технічних заходів. Складність зернопереробного виробництва в

тому, що процес сортового помелу залежить від багатьох факторів і кожен з них знаходиться у тісному зв'язку один з другим та впливає на кількісні та якісні показники роботи. В очисному відділенні зернопереробного заводу ТОВ “ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ” зерно зазвичай пропускають три або чотири рази через сепаратори і аспіратори, декілька разів через магнітні апарати, по одному разу через каменевідбірні машини, машини для відбору коротких та довгих домішок крім того поверхню зерна обробляють методом шолушіння на оббивочних та щіточних машинах і завершують процес пропуском через миючу машину. Однак для організації ретельної очистки зерна на зернопереробному підприємстві підготовка його до помелу зводиться в основному до зволоження. Так, гідротермічна обробка (кондиціонування) зерна виявляється ключовим процесом у підготовці зерна до подальшого помелу, значно покращуючи його властивості для продовольчого використання. Цей процес має комплексний виробничий ефект, включаючи технологічні, енергетичні і економічні аспекти.

Процес обробки зерна водою має першочергове значення як метод, за допомогою якого можна змінювати вихідні властивості зерна для одержання з нього більшої кількості муки вищого ґатунку. Це стало особливо важливим у останні роки, коли попит на борошно вищого ґатунку різко зріс.

Кондиціонування дозволяє:

- підняти в'язкість оболонки їх стійкість до подрібнення і в результаті отримати більше крупок вільних від оболонок;
- встановити оптимальну технологічну вологість зерна для помелу з диференційним її розподілом між ендоспермом і оболонками ;
- покращити хлібопекарські якості борошна, що рівноцінно підвищенню цінності сорту пшениці. При переробці зерна пшениці у борошно використовують наступні методи кондиціонування: холодне, теплове та парове.

Внаслідок зволоження зерна спостерігається зниження сили корпускулярних зв'язків, що призводить до зменшення питомих витрат електроенергії під час виробництва борошна.

- на 5-10% при холодному кондиціонуванні;

- до 15% при гарячому.

Застосування процесу кондиціонування зерна призводить до зменшення витрат на виробництво борошна, підвищення виходу продукції, поліпшення технологічних та хлібопекарських характеристик, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню конкурентоспроможності виробника. Слід зазначити, що ці значні переваги досягаються тільки в тому випадку, якщо забезпечуються оптимальні режими кондиціонування зерна. А це досягається тільки за допомогою автоматизації процесу зволоження зерна і його. Значення автоматизації процесу зволоження зерна набуло особливу важливість в сьогоднішніх умовах, коли кількість виробників зерна зросла, а розмір партій зерна, що поставляється на млин, зменшився. Коливання вологості зерна, що поступає в зерноочистку протягом однієї зміни, досягає значних величин. Ручне регулювання процесу зволоження в сукупності з лабораторним контролем вологості не дозволяють забезпечити подачу на першу драну систему зерна заданої вологості. В результаті похибка досягає великих розмірів, що вимагає постійного регулювання процесу помелу зерна.

Як правило, підприємства мукомельної промисловості страждають від того, що лінії по зволоженню зерна знаходяться в непрацюючому стані і виробничий персонал вимушений вводити воду за оцінкою "на око" товщини струменя ("півпальця", "палець" і т.п.). Причин тому багато, наприклад, розбиті колби скляних ротаметрів, засмічення вхідних фільтрів очищення води, незручність постійного ручного регулювання подачі води і т.д. Проте основним є те, що в існуючих системах холодного кондиціонування зерна похибка процесу зволоження співпадає з необхідною величиною дозволоження (різницею значень початкової вологості зерна і вологості зерна на 1-й драній системі), яка складає 2-3% загальної ваги. Зволоження пшениці з

початковою вологістю менше 12% рекомендується здійснювати послідовно в два етапи, при цьому співвідношення величини приросту вологи на першому і другому етапах орієнтовно повинне складати 3:1, що робить ще більш неефективним застосування застарілих систем зволоження.

2.4 Технологічний процес підготовки зерна до помелу на виробництві ТОВ “ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ”

Процес підготовки зерна до помелу включає кілька ключових операцій для забезпечення якісного та оптимального подальшого перероблення:

1. Очистка зернової маси від домішок: видалення різних домішок, таких як пил, інші види зерна, що можуть впливати на якість кінцевого продукту.

2. Зниження зольності зерна: ця операція спрямована на зменшення вмісту мінеральних домішок в зерні, що може покращити якість муки та інших продуктів переробки.

3. Забезпечення оптимальної вологості зерна: контроль вологості зерна перед його подачею на розмелювання.

4. Зміна характеристик міцності зерна: може включати гідротермічну обробку або інші методи для зміни механічних властивостей зерна та полегшення подальшого перероблення.

5. Дозування і змішування компонентів помольної суміші: підготовка суміші з різних видів зерен або компонентів для забезпечення відповідності рецептурі та по заданій якості кінцевого продукту.

Технологічний процес на виробництві ТОВ “ЛЕРІЗ ОБДЖЕКТ” проходить в наступній послідовності:

Із елеватора зерно поступає у чотири силоси для неочищеного зерна загальною місткістю 180т. Управління завантаженням цих силосів здійснюється з пульта дистанційного керування елеватора. Командами з цього пульта здійснюють встановлення перекидних клапанів у одне з двох

можливих положень, а також керують відкриттям заслінок пристроїв завантаження зерна в силоси . Сигнали про закриття або відкриття заслінок, а також про положення перекидних клапанів поступають на пульт зерноочисного і розмельного відділення.

Керування перекидними клапанами і заслінками дозволяє направити в кожен силос для неочищеного зерна певний визначний компонент майбутньої помольної партії. Контроль за заповненням зерном цих силосів здійснюється електронними сигналізаторами рівня. Сигнали про наявність чи відсутність зерна в силосах поступають в схему керування або на панель сигналізації пульта управління. Випуск зерна із силосів для неочищеного зерна здійснюється через випускні пристрої. Після кожного з чотирьох випускних пристроїв встановлено автоматичний електропневматичний дозатор зерна УРЗ-1, головним завданням якого є підтримування заданого розходу зерна з випускного пристрою. Направлення потоку зерна з силосів для неочищеного зерна у гвинтові конвеєри визначається положенням перекидних клапанів встановлених безпосередньо після автоматичних дозаторів зерна УРЗ-1. Шляхом встановлення перекидних клапанів у одне із двох положень , можна формувати два незалежних потоки зерна. Після гвинтових конвеєрів сформовані потоки зерна проходять магнітні сепаратори і шлюзовими живильниками подаються на пневмоприймачі відповідних пневмомереж. Пневмотранспортування у них здійснюється ротаційними повітрорудними машинами. Контроль тиску повітря у кожній пневмомережі здійснюється електроконтактними манометрами, сигнал з яких поступає у схему керування пульта. По пневмомережі зерно піднімається на останній поверх зерноочисного відділення і потрапляє в об'ємні розвантажувачі, де прийом зерна контролюється електронними сигналізаторами рівня . Після цього зерно проходить через підігрівачі зерна і подається на автоматичні порційні ваги. Автоматичні ваги служать для визначення розхідних характеристик кожного із сформованих потоків зерна. З автоматичних ваг зерно поступає у зерноочисні сепаратори А1-БИС-1. Легкі домішки через горизонтальні

циклони системою аспірації подаються в фільтр. Розгрузка горизонтальних циклонів здійснюється шлюзовими живильниками. Великі, мілкі домішки і домішки з горизонтального циклона направляються у гвинтові конвеєри. Очищене зерно після сепаратора поступає у каменевідбірну машину, а потім у дискові трієри. Домішки з трієрів поступають у збірні гвинтові конвеєри. Пройшовши магнітні сепаратори, зерно потрапляє у оббивальні машини і через шлюзові живильники поступає у пневмоприймачі. Клапанами можна здійснювати блокування у технологічному маршруті каменевідбірних машин, трієрів і оббивальних машин. Контроль тиску у пневмережах здійснюється відповідно електроконтактними манометрами. По пневмережах зерно піднімається на верхній поверх зерноочисного відділення і потрапляє у пневмосепаратори, контроль наявності зерна у яких здійснюється електронними сигналізаторами. Далі зерно подають у машини мокрого шолушіння. Клапанами можна блокувати роботу машини мокрого шолушіння і направляти зерно безпосередньо у зволожувальний апарат.

Зерно кожного потоку, що пройшло гідротермічну обробку, з гвинтових конвеєрів для зволоження поступає у гвинтові конвеєри, які розташовані над силосами для дозволоження зерна. Контроль заповнення зерном силосів здійснюється електронними сигналізаторами верхнього рівня.

Через випускні пристрої зерно поступає з силосів у автоматичні регулятори потоку зерна, орієнтацією перекидних клапанів, що встановлені після кожного регулятора потоку формується два потоки зерна після силосів у гвинтових конвеєрах. Через магнітні сепаратори і шлюзові живильники, сформовані потоки зерна поступають у пневмоприймачі пневмереж. Пневмотранспортування у цих мережах здійснюється ротаційними повітредувними машинами. Контроль тиску здійснюється електроконтактними манометрами .

Зерно у пневмережі через об'ємний розвантажувач поступає на повторне зволоження у зволожувальний апарат , зерно гвинтовим конвеєрами

розподіляється в силоси на повторне дозволоження. Ці силоси відбираються відкриттям заслінок.

Зерно у пневмережі подається у об'ємний розвантажувач. Наявність зерна у цьому розвантажувачі контролюється електронним сигналізатором рівня. Пройшовши магнітний сепаратор зерно поступає в оббивальну машину. З допомогою клапана є можливість блокувати цю технологічну машину.

Після оббивальної машини зерно через магнітний сепаратор поступає в ентолейтор - стерилізатор і потім в аспіратор. Через шлюзовий живильник зерно потрапляє у пневмоприймач і пневмережею попадає у об'ємний розвантажувач, наявність зерна в якому контролюється електронним сигналізатором рівня. Транспортування у цій пневмережі здійснюється від ротаційної машини, а контроль тиску проводиться манометром. З об'ємного розвантажувача зерно через індикатор наявності зерна потрапляє на дозволоження у зволожувальну машину і шнеком подається в бункер перед драною системою. Контроль верхнього і нижнього рівнів зерна у цьому бункері здійснюється відповідно електронними сигналізаторами рівня. Із випускного пристрою зерно з цього бункера подається на автоматичні порційні ваги з вбудованим пристроєм керування. Цей пристрій дає можливість задати необхідну частоту для відважування порційним вагам і тим самим необхідний розхід зерна, яке подається на першу драну систему. Через магнітний сепаратор пробовідбірник, зерно подається у розмельне відділення мукомельного заводу.

2.4.1 Вплив води на вологість зерна

Вплив води на зерно має важливе технологічне значення при кондиціюванні. За рахунок проникнення вологи в середину зерна виникають певні фізичні зміни (збільшення тріщинуватості зерна, відшарування

оболонки, набухання, розм'якшення тощо), що призводить до позитивного для технології ефекту. Цей ефект проявляється в зменшенні витрат на електричну енергію при розмелі, збільшення строку використання розмельного обладнання. Для додавання води до зерна використовують зволожувальні машини. Щоб визначити кількість води, яку слід додати до зерна, враховують початкову вологість зерна та технологічні вимоги до необхідної вологості. Розрахунок приблизно виконується за допомогою наступної формули:

$$G_w = G_g \cdot \left(\frac{100 - B_1}{100 - B_2} - 1 \right), \quad (2.2)$$

де G_w – кількість води, яка додається (кг/годину);

G_g – маса зерна, яке зволожується (кг/годину);

B_1 – початкова вологість зерна (%);

B_2 – необхідна за технологією вологість зерна (%).

2.4.2 Обладнання для зволоження зерна

Машина для зволоження зерна А1 – БШУ – 1 (Рисунок 2.1) являє собою розбірну металеву конструкцію і складається з основних складальних одиниць: циліндричного корпусу ротора, приводу, індикатора наявності зерна і панелі контролю подачі води. Корпус виконаний з вуглецевої або нержавіючої сталі товщиною 3 мм і має роз'єм в горизонтальній площині. Обидві половини з'єднуються між собою болтами. З торців корпус має стінки, до яких болтами кріпляться опори для установки корпусів підшипників. Корпус має впускний (вгорі) і випускний (внизу) патрубки.

Ротор є основним робочим органом машини. Він складається з валу, виконаного зі сталевієї пустотілої труби, на яку приварені бичі. Бичі мають гонки, встановлені площиною до осі ротора під кутом 60° або 70° - 8 шт. Бичі і гонки виконані з легованої або нержавіючої сталі. Привід ротора здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу[11].



Рисунок 2.1 Машина для зволоження зерна А1–БШУ–1

Технічні характеристики машини для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 представлені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики машини А1-БШУ-1

Назва параметру	Значення
Продуктивність технічна по зерну пшениці із середньою щільністю 770-850 кг/м ³ і вологістю 14,5-15,5%, т/л не менш	12
Частота обертання ротора машини, с ⁻¹ (об/хв)	19 (1140)
Споживання електроенергії,кВт/год	2,4
Споживання води, л/год у межах.	50-150
Тиск води в системі, МПа	0,05-0,07
Габаритні розміри, мм.	
довжина	1615
ширина	460
висота	1420
Маса виробу, кг.	309

2.5 Розробка структурної схеми керування процесом зволоження зерна

Об'єктом управління є контур, що регулює процес зволоження зерна при виході машини. Один з важливих вхідних параметрів для цього об'єкта - це витрата води, яка постачається до шнеку зволожувальної машини.

Витрата води контролюється з допомогою клапана, який можна регулювати в межах від 0 до 100%. При значенні 0% клапан закритий, і вода не надходить. При значенні 100% клапан повністю відкритий, що призводить до максимальної подачі води з розрахунковою швидкістю 150 літрів на годину. Розроблювана система управління має за мету утримувати вологість пшениці на стабільному рівні після виходу з машини. Орієнтовна вологість пшениці на виході в системі становить 5%, і завданням є дотримання цього показника. Так, для ефективної регуляції вологості зерна система управління повинна включати кілька ключових компонентів:

1. Датчик вимірювання вологості: Цей пристрій встановлюється на виході зволожувальної машини і служить для постійного моніторингу вологості зерна.
2. Клапан для регулювання витрати води: Цей елемент відповідає за регулювання кількості води, яка подається до зерна. Контрольований клапан дозволяє точно налаштувати потік води в системі.
3. Пристрій керування: Він відповідає за автоматичне налаштування положення клапана відповідно до вимірюваної вологості. Цей пристрій реагує на зміни вологості та підтримує її на зазначеному рівні.
4. Пульти оператора: Це пристрій, який дає операторові можливість вручну задавати режим роботи системи, включаючи необхідні параметри для підтримки вологості зерна.

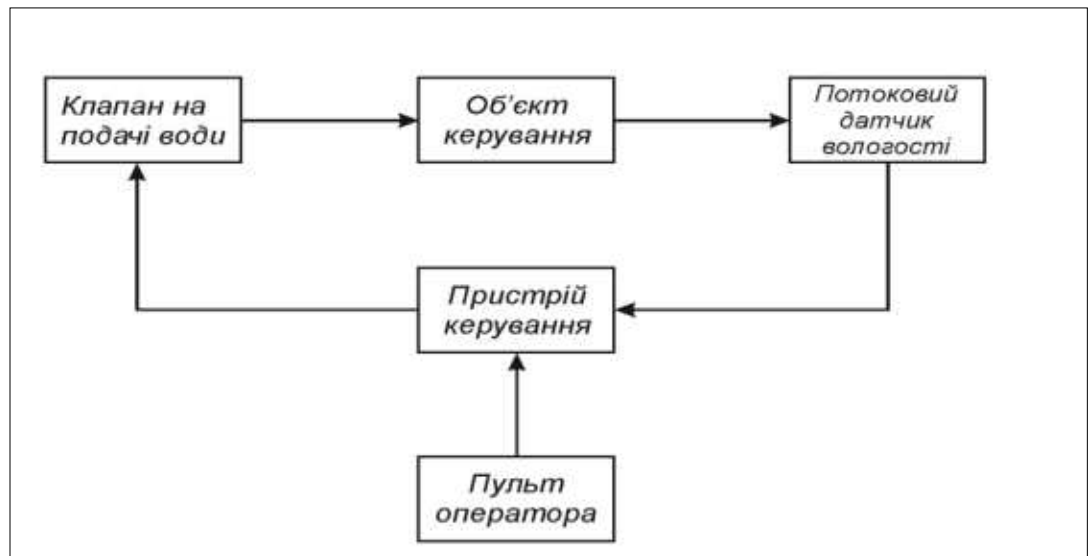


Рисунок 2.2 – Схема системи управління

Система управління тех. обладнанням складається з пристроїв для збору інформації, а саме датчик вологості зерна, еталонів і станів обладнання (значення вологості зерна і граничні значення), системи які контролюють стан обладнання, програми керування, що реалізують формування керуючого впливу, протиаварійного захисту, блоку переходу до ручного режим управління та виконуючих органів (клапан). Розроблена система має контролювати технологічний процес, і виконувати функцію надання потрібної інформації оператору. Також в системі передбачено можливість створення архівів технологічних процесів.

Створена структурна схема, яка відображає інформаційні потоки, представлена на рисунку 2.3. Ця схема дозволяє ефективно керувати технологічним процесом з метою підтримки встановленого рівня вологості зерна пшениці. Розроблена структура ефективно управляє технологічним процесом, забезпечуючи систематичне накопичення, реєстрацію та візуалізацію інформації про хід процесу. За допомогою бази даних зберігається накопичена інформація, а також автоматично створюються резервні копії для забезпечення надійності та безпеки даних. Така структура забезпечує не лише системний контроль за станом обладнання, але й надсилає

сигнали в разі досягнення або перевищення визначеними параметрами керування. Ця система функціонує автоматично, регулюючи подачу води з метою забезпечення встановленого рівня вологості в зерні пшениці.

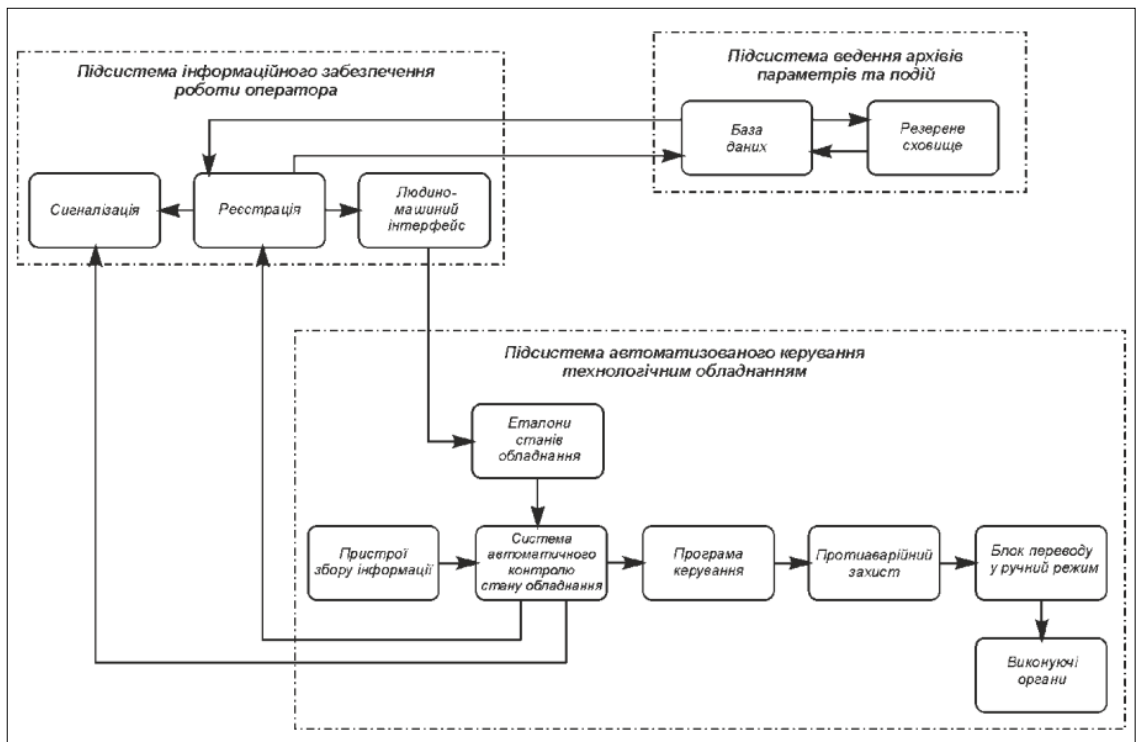


Рисунок 2.3 – Структурна схема інформаційних потоків

У формі апаратно – програмного типу реалізована система інформаційного забезпечення оператора. Цей комплекс базується на і використовує SCADA систему Zenon для виконання функцій пульта оператора. Система архівування параметрів і подій вбудована у SCADA систему Zenon у вигляді окремих програмних модулів. Забезпечення взаємозв'язку між вказаними апаратними комплексами відповідає вимогам через користування загальною мережею підприємства.

2.5.1 Апаратне забезпечення, яке використовується в системі керування

Система керування, яка розробляється, має за мету підтримувати величину вологості пшениці на рівні 5%. Для досягнення цієї мети використовується вологомір Mikroradar 125. Він встановлений на виході зволожувальної машини. Датчик підключається до пристрою керування за

допомогою стандартного перешкодозахисного токового інтерфейсу 4-20 мА. Вологомір Mikroradar 125 є потоковим вологоміром, і основне його призначення - це вимірювання вологості щойно зволоженого зерна. Він складається з блоків сенсора, які підключаються на вхід та вихід зволожувальної машини. Вбудований блок процесора обробляє за допомогою спеціального алгоритму, дані від двох блоків сенсорів. Цей алгоритм дозволяє точно визначати вологість зерна як перед, так і після процедури зволоження. Використання цього вологоміра в системах автоматизації дозволяє досягати високої точності у збереженні вологості зерна перед і драною системою, що становить 0,15% згідно з наявним досвідом.



Рисунок 2.4 – Потоковий вологомір зерна Mikroradar 125

Точність вимірювання вологості в діапазоні від 0,15% до 1% залежить від конкретного діапазону вологості.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики потокового вологоміра зерна Mikroradar 125

№	Найменування параметру	Значення
1	Живлення	1x 220 В, 50 Гц
2	Споживана потужність	не більш 50 Вт
3	Режим роботи	безперервний
4	Час встановлення робочого режиму	не більш 1 хв
5	Інтерфейс	RS 485
6	Аналоговий вихід	4..20 мА, 0..5 мА, 0..20 мА
7	Навантажувальна здатність струмового виходу	< 500 Ом

На підставі обраних датчиків і їх технічних характеристик складена таблиця 2.6.

Таблиця 2.6 – Давачі

№	Назвапараметру	Принцип дії	Тип	Діапазонзмінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність поживання
1	Вологість	Поглинання хвиль СВЧ	Аналог.	0.5 ... 15%	±0,015%	4...20 мА	50 мс	220В	<50 Вт

Зміна вологості зерна на виході із зволожувального апарату, відбувається шляхом коригування подачі води при допомозі спеціального клапана. Для цього використовується двоходовий клапан з електроприводом Belimo TR24-SR(рисунок 2.5), який може регулювати витрату води, надходячи до машини А1 – БШУ – 1. Коли клапан відкривається максимально, витрати води становлять 150 літрів на годину.



Рисунок 2.5 – Електропривід Belimo TR24-SR

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики електроприводу Belimo TR24-SR

Назва параметру	Значення параметру
Ступінь захисту	IP40
Управляючий сигнал	DC 0...10 В, вх. опір.=100 кОм
Напруга живлення	DC 24В (DC 21.6÷28.8В)
Потужність	1Вт
Час повного обертання	90 с
Крутячий момент	1,6 Нм
Рівень шуму	max 35 dB(A)
Вага (без клапана)	0.3 кг

Таблиця 2.8 – Виконавчі пристрої системи керування

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Положення клапана	Синхронний двигун	Синхронний двигун	0÷100%	100%	0-10В	постійно	24В	0,5Вт

Враховуючи, що контролер буде з'єднаний з пристроєм, що має аналоговий вихід, та із пристроєм який управляється аналоговим сигналом, необхідно, щоб він мав модульну структуру для забезпечення зручного підключення вибраного нами обладнання. Системна структура управління включає в себе підсистему інформаційного забезпечення оператора, яка планується реалізувати на базі ПК. З цієї причини контролер має мати можливість підключення через Ethernet для забезпечення ефективної взаємодії з ПК та обміну інформацією між ними. Для вирішення поставленого завдання обирається ПЛК VIPA 214-2BE03. Характеристики цього контролера включають час арифметичних операцій з розрахунковим числом 40 мікросекунд, обсяг програмної пам'яті 144 кБ та обсяг робочої пам'яті 96 кБ. (рис. 2.6).

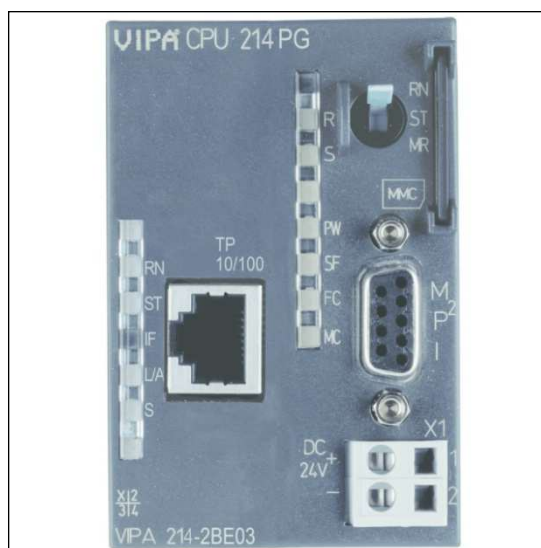


Рисунок 2.6 – Програмований логічний контролер CPU 214 PG

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики програмованого логічного контролера 214-2BE03

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	CPU 214NET
2	Пам'ять, кБайт	144
3	Робоча пам'ять, кБайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Ethernet інтерфейс	Присутній

Для того щоб підключити вищезгаданий датчик до ПЛК потрібно використати відповідний модуль, в якого вхідний сигнал 4 -20 мА.

Щоб підключити клапан TR24-SR, також потрібно вибрати модуль аналогового виходу в якого сигнал в межах від 0 до 10 В. З каталогу вибираємо потрібний нам модуль VIPA 234-1BD50. По характеристикам бачимо, що він має два аналогових входи та два аналогових виходи з діапазоном сигналу від 4 до 20 мА.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового вводу/виходу

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виводу

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	SM 234
2	Кількість входів/виходів	2/2
3	Тип входу	аналоговий
4	Діапазон сигналу, мА	+/-20mA, +/-10V
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	2,9

Дана система управління повинна відобразити тех. процес на основі даних які надіслав ПЛК. Реалізуємо таку підсистему інформаційного забезпечення на базі ПК. Використовуємо інтерфейс Ethernet для зв'язку з контролером.

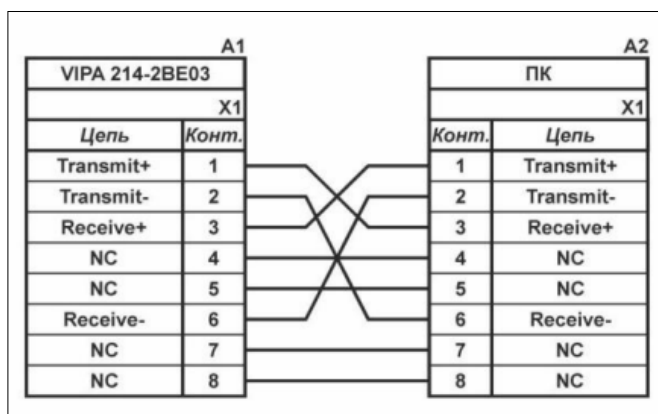


Рисунок 2.8 – Схема підключення персонального комп'ютера до ПЛК
Знаючи вже характеристики контролера, його напругу і потужність, вибираємо джерело живлення SPD24301.

Таблиця 2.11 – Програмований логічний контролер і його модулі

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 214-2BE03	Центральний процесорний модуль	6,00 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль аналогового вводу/виводу	2,90 Вт
		Belimo TR24-SR	1 Вт



Рисунок 2.9 – Джерело живлення SPD2430

Технічні характеристики джерела живлення наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики джерела живлення SPD2430

№	Найменування параметру	Значення
1	Напруга живлення, В	~85÷~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

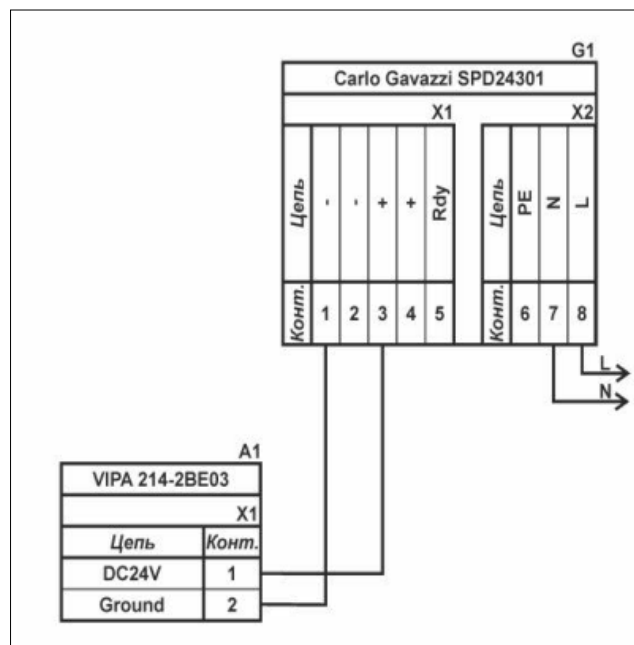


Рисунок 2.10 – Схема підключення ПЛК 241-2BE03 до джерела живлення SPD24301

2.5.2 Функціональна схема автоматизації

На рисунку 2.11 наведена схема автоматизації, розроблена до вимог системи керування вологістю зерна і вибраного обладнання.

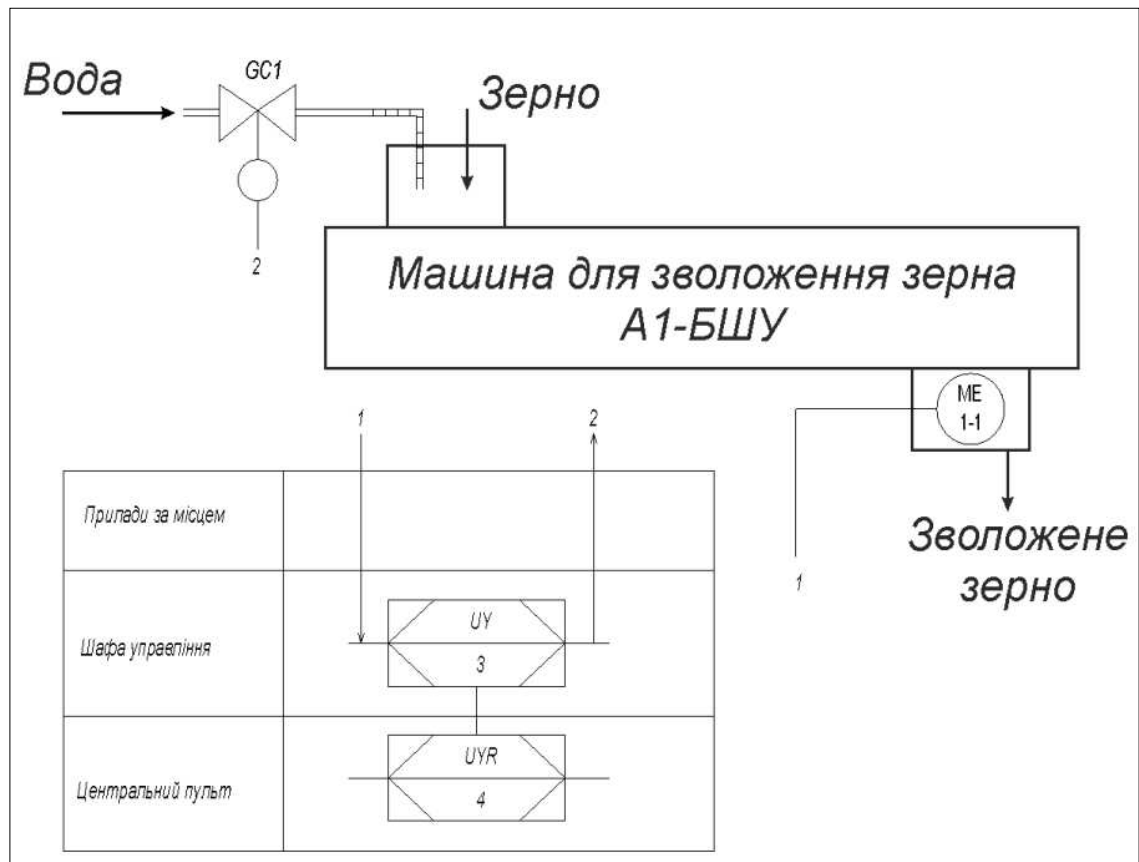


Рисунок 2.11 – Функціональна схема автоматизації

В наведені вище схемі пристрій управління – ПЛК (214-2BE03). Про порядок роботи тех. процесу оператор може відслідковувати на пульті керування (Центральний пульт ПК). Про показники вологості зерна сигналізує вологомір Microradar 125. Маючи дані про поточну вологість зерна, контролер вираховує потрібний розхід води, яка подається в машину для зволоження. За допомогою електронного вказівника формується правильне положення, для точного розходу води.

2.5.3 Схема електрична принципова

Нижче наведена електрична схема з'єднання всіх компонентів, які використовуються для управління процесу зволоження.

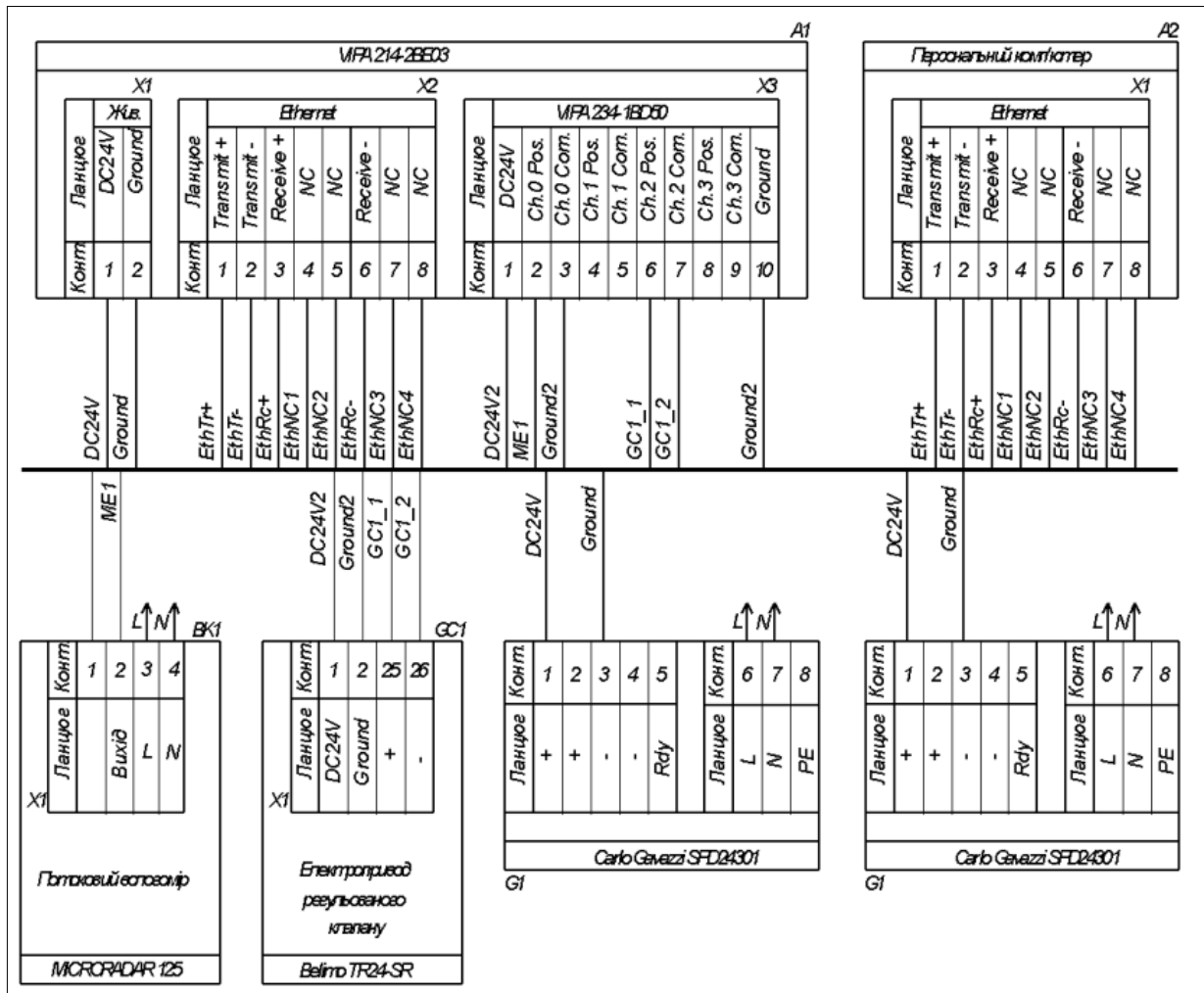


Рисунок 2.12 – Схема електрична принципова системи керування

Із вище наведеної схеми видно, що ми використали 2 блоки живлення G1 та G2. ПЛК позначений на схемі A1 з'єднаний із першим блоком живлення, а модуль вводу і виводу – з другим блоком. Також до другого блоку підключений клапан регулювання потоку води. Всі необхідні параметри ми задаємо з пульта управління, використовуючи ПК. Вологомір вимірює показник вологості зерна, в свою чергу контролер здійснює контроль клапана.

3 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Найбільш розповсюдженим способом отримання математичної моделі є ідентифікація об'єкта керування. Ідентифікація – це такий процес побудови математичної моделі об'єкта керування, заснований на обробці спостережуваних вхідних і вихідних сигналів. Даний процес складається з трьох етапів:

1. Оцінка адекватності моделі
2. Параметрична ідентифікація
3. Структурна ідентифікація

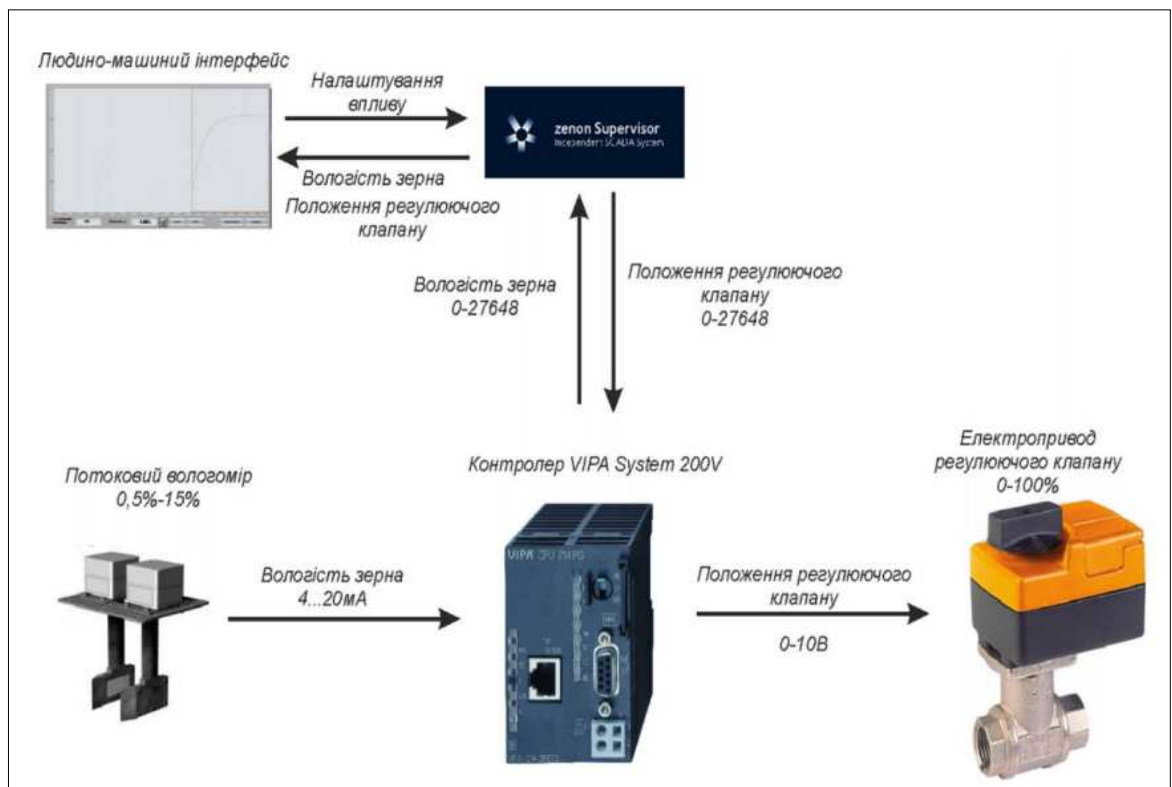


Рисунок 3.1 – Структура системи дослідження об'єкта керування

Керуючий вплив представляє собою обсяг води, необхідний для постачання в зволожувальну машину. Це значення виникає в робочому середовищі, перетворюється з фізичних величин у цифровий формат від 0 до 27648, а потім передається через канал зв'язку системи віддаленого вводу-виводу. Система віддаленого вводу - виводу застосовує АЦП який потім

перетворює в електричний сигнал з діапазоном від 0 до 10 В. Цей сигнал направляє на виконавчий механізм об'єкта управління. Реальні значення вологості зерна на виході з зволожувальної системи вимірюються датчиком в діапазоні від 4 до 20 мА. Електричні сигнали з датчика конвертуються аналого-цифровим перетворювачем системи віддаленого вводу-виводу в цифрові значення від 0 до 27648. Ці цифрові дані передаються через канал зв'язку робочого середовища для подальшого конвертування у фізичні величини та візуалізації за допомогою інтерфейсу між людиною та машиною.

Таким чином, після структурної ідентифікація, параметричної ідентифікація і оцінки на адекватність моделі, яка виконувалась у середовищі Matlab, була отримана передаточна характеристика для додаткового зволоження зерна пшениці по каналу положення клапану подачі води – вологість зерна.

$$W(s) = \frac{0.019939e^{(-4.802s)}}{(173.27s + 1)} \quad (3.1)$$

Модель об'єкту керування у математичному пакеті MATLAB має вигляд (рисунок 3.2).

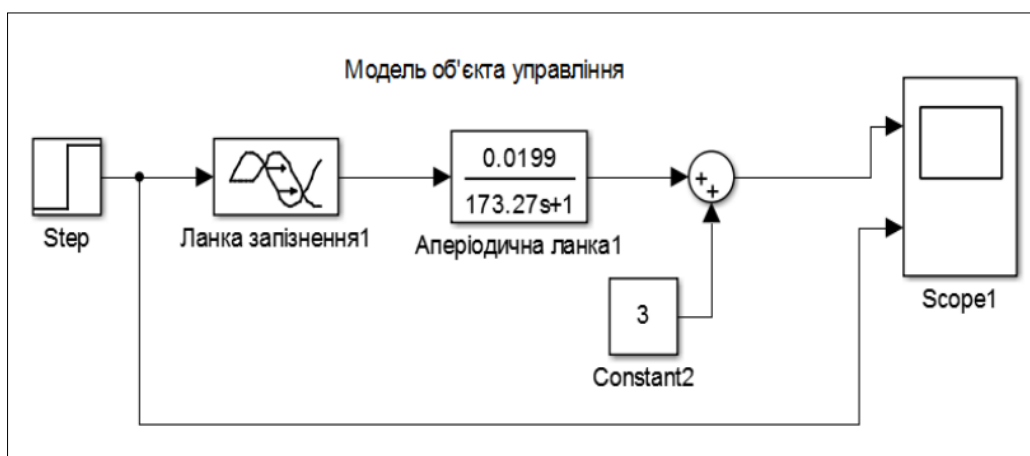


Рисунок 3.2 – Модель Simulink об'єкту керування

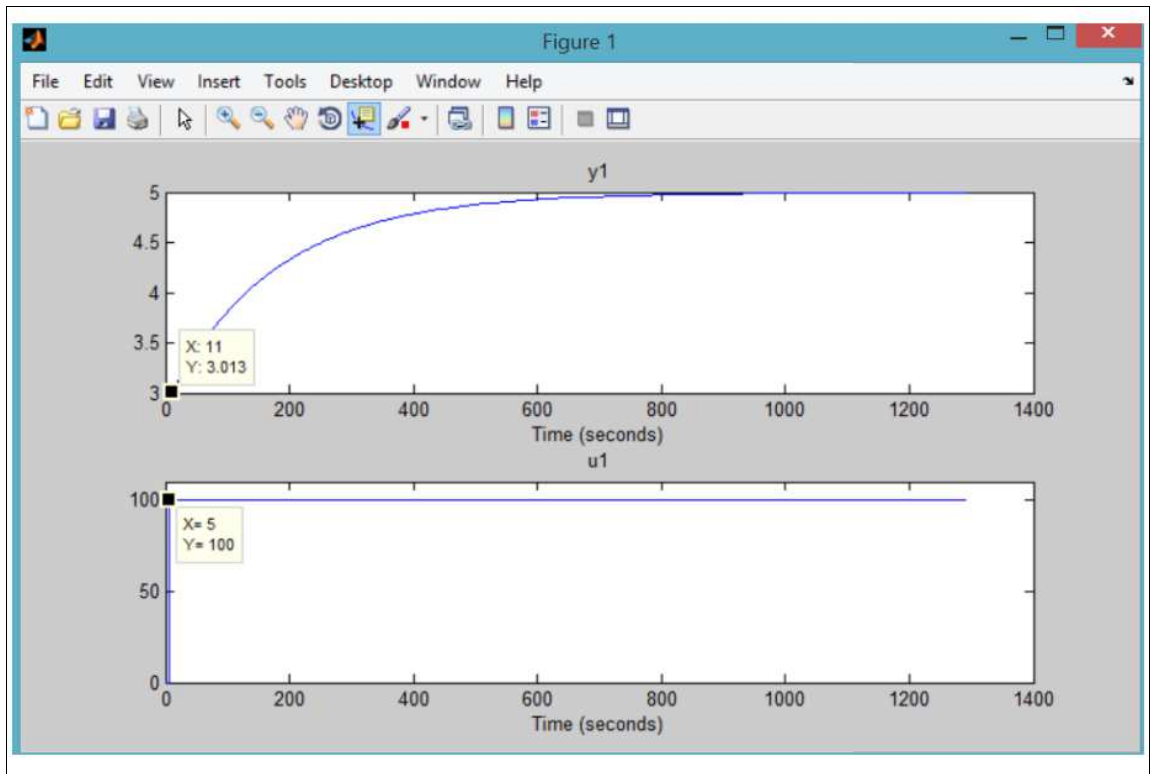


Рисунок 3.3 – Результат моделювання моделі об’єкта керування по каналу положення клапану подачі води (%) – вологість зерна (%).

3.1 Якість функціонування об’єкта управління

Критерієм вологості зерна у машині для зволоження марки А1- БШУ-1 є мінімальне відхилення від заданого значення.

$$\text{відхил}_{\varphi_d} = |\varphi_d - \varphi_{d,\text{зад}}| \rightarrow \min, \quad (3.2)$$

де $\text{відхил}_{\varphi_d}$ – відхилення значення параметру вологість зерна;

φ_d – значення параметру вологість зерна;

$\varphi_{d,\text{зад}}$ – задане значення параметру вологість зерна.

Графічним методом за допомогою схеми моделювання рисунок 3.4 та рисунок 3.5 встановлюється параметри об’єкту керування час наростання, та час встановлення, перерегулювання.

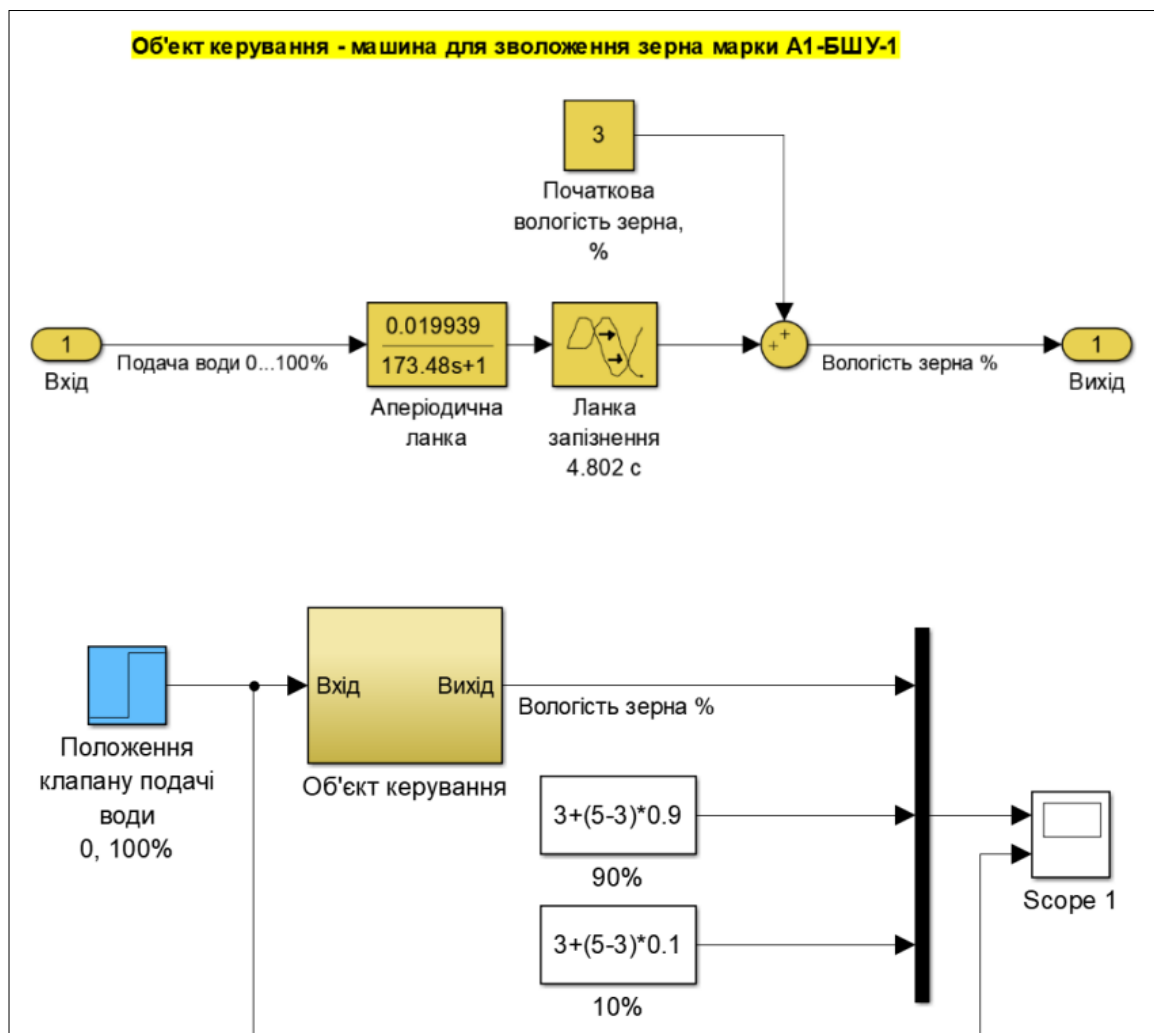


Рисунок 3.4 – Реалізація моделі об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

Час наростання це інтервал часу на протязі якого вихідна змінна зростає від 10% до 90% від встановленого значення. Згідно рисунку 3.5 - час наростання дорівнює приблизно $410-20=390$ с. Час встановлення с заданою похибкою – час по завершенню якого похибка регулювання не перевищує заданого значення. Для похибки (10%) згідно рисунка 3.4 час встановлення складає приблизно 410 с.

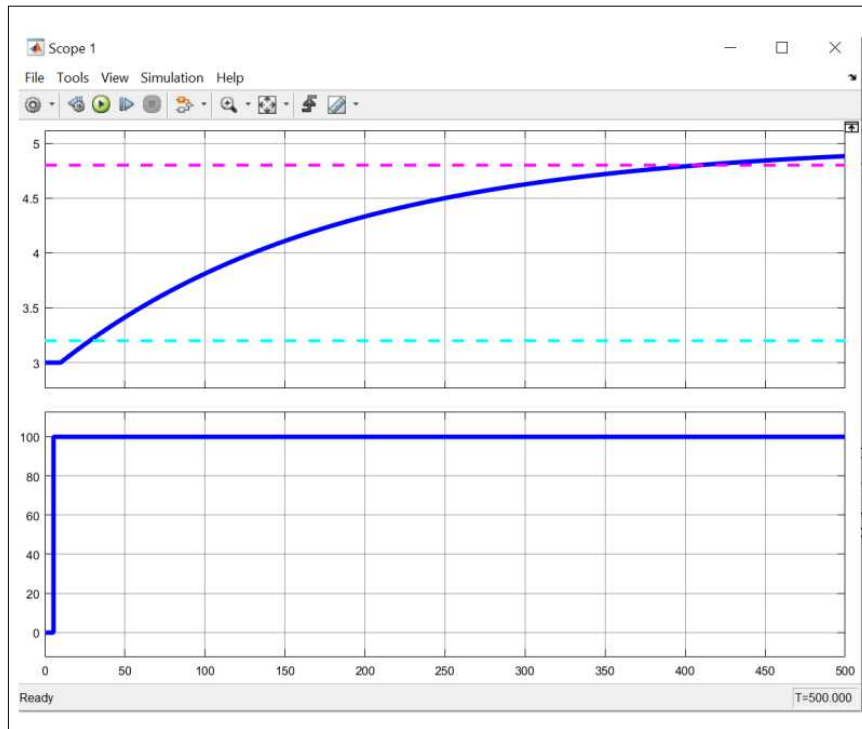


Рисунок 3.5 – Результат моделювання

Перерегулювання – перевищення першого викиду над сталим значенням змінної. Згідно рисунку 3.5. перерегулювання відсутнє.

3.2 Модель системи управління

Структурна схема імітаційної моделі системи керування автоматичного керування процесом підготовки зерна до помелу представлено на рисунку 3.6.

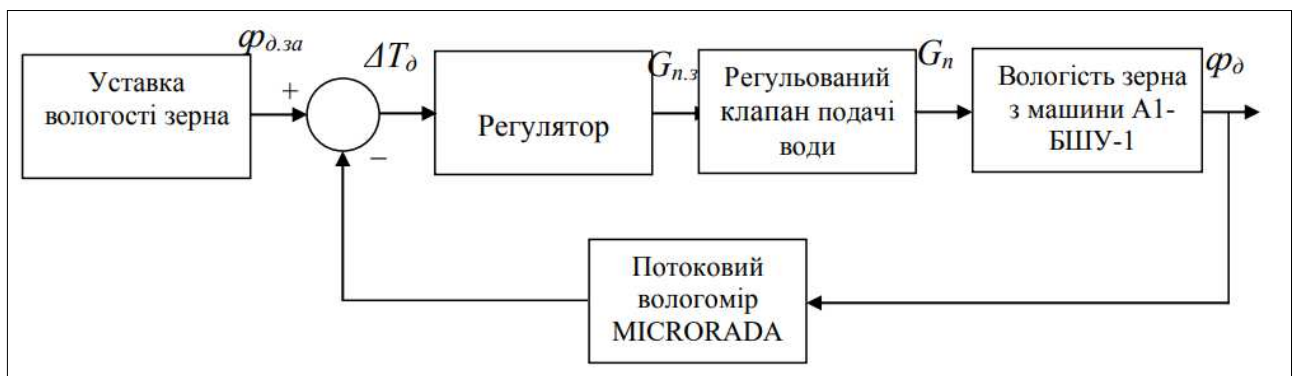


Рисунок 3.6 - Структурна схема моделі системи керування процесом підготовки зерна до помелу

На рисунку 3.6 введені наступні позначення:

$\varphi_{д.зад}$ – задане значення (уставка) вологості зерна %;

$\varphi_{д.}$ – фактичне значення (уставка) вологості зерна вологості зерна з машини А1-БШУ-1, %;

$\Delta T_{д}$ – відхилення фактичного значення (уставка) вологості зерна вологості зерна з машини А1-БШУ-1, %;

$G_{п.з}$ – задане значення положення клапану подачі води, %;

$G_{п.}$ – фактичне положення клапану подачі води, %.

У системі автоматичного керування вологістю зерна на виході машини для зволоження зерна марки А1-БШУ-1, в якості регулятора використовуємо пропорційний (P) регулятор. Розрахунок параметрів для P регулятора проведемо методом Зиглера - Николса.

Модель відповідає аперіодичній ланці першого порядку з запізненням:

$$K = 0,019939;$$

$$T = 173,48 \text{ с};$$

$$\tau = 4,802 \text{ с}.$$

Пропорційний регулятор по методу Зиглера - Николса:

$$K_p = 1037.28;$$

Побудуємо модель системи у пакеті MATLAB.

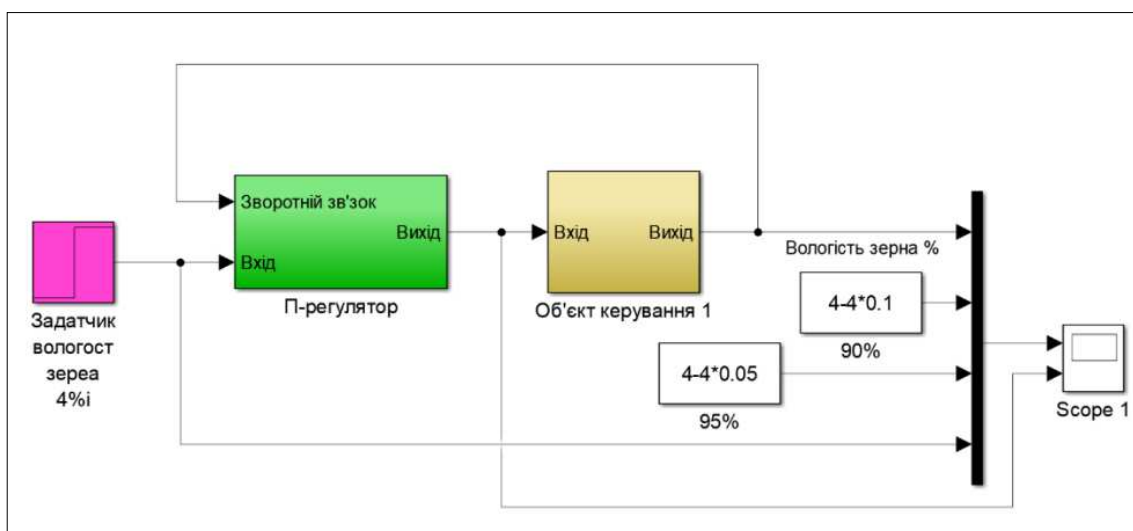


Рисунок 3.7– Модель системи керування з P - регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з Р-регулятором показано на рис. 3.8., а данні у табл. 3.1.

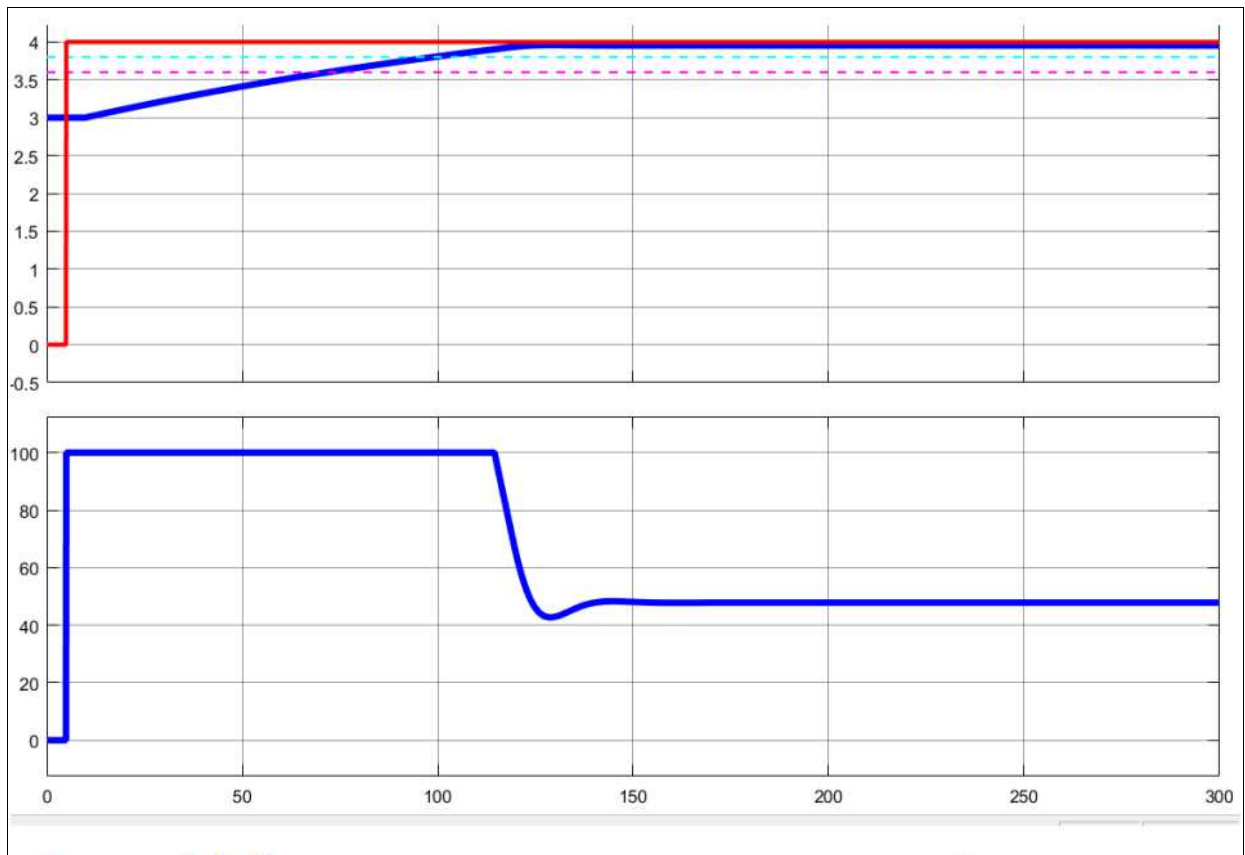


Рисунок 3.8– Результат моделювання системи керування з Р - регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера – Николса

Таблиця 3.1 – Оцінка Р - регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	φ,	%	
1	Зиглера-Николса	67	90	95	95	-	-	відмінно

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням Р регулятора з параметрами, що розраховані методом Зиглера - Николса можна зробити висновок, що при використанні Р - регулятора нема значної статичної помилки по відхиленню значення вихідної величини від завдання.

3.3 Створення програмних компонентів системи управління

Програма буде розроблятися безпосередньо для ПЛК у середовищі zenon Logic, який входить до складу SCADA системи Zenon.

В SCADA системі zenon використано драйвер пристрою керування “S7TCP32” для контролеру VIPA. Сам драйвер переведений в режим програмної симуляції. Час оновлення даних заданий рівним часу дискретизації 100 мс. Для даного драйвера буде розроблятися програмне забезпечення об'єкта керування.

Програмне забезпечення об'єкта керування буде функціонувати на програмному ПЛК zenon Logic який в режимі симуляції буде реалізувати програмований логічний контролер VIPA та об'єкт керування. На базі отриманого тексту програми з математичного пакету MATLAB розроблено користувацький функціональний блок “Object”. Текст програми якого розроблено на мові програмування Structured Text представлений у додатку Б. Виклик функціонального блока "Object" виконується в тілі основної програми, яка наведена на рис. 3.9.

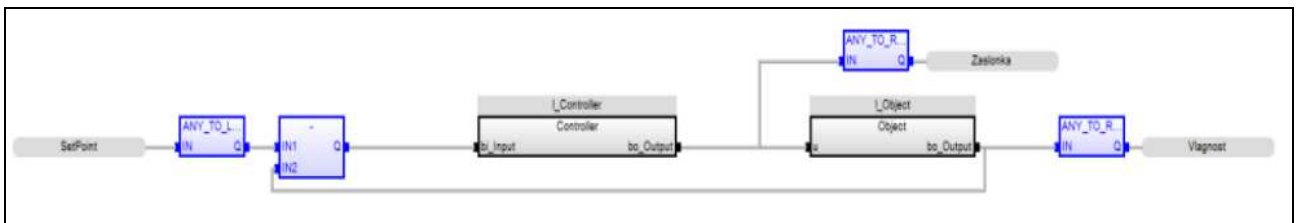


Рисунок 3.9 – Основна програма системи керування

На вхід блока об'єкта керування задається дійсне значення положення клапану подачі води «Zaslodka». З виходу блока дійсне значення записується до змінної вологості зерна “Vologist”. Змінні “Zaslodka” та “Vologist” є глобальними та належать SCADA системі zenon. Був створений користувацький функціональний блок під назвою “Controler”. Текст програми якого написано на мові програмування Structured text, яка наведена в дод. Б. На вхід блока задається значення похибки системи керування яке обчислюється як різниця між уставкою “SetPoint” та дійсним значенням

“Vologist” (до 5 %). На виході блока формується керуючий вплив, значення якого копіюється до змінної “Zalonka” (керуючий вплив – положення клапану подачі води 0...100 %). Відповідно до завдання програмне забезпечення контролера повинно функціонувати в SCADA системі zenon на програмному програмованому логічному контролері zenon Logic. Для цього в SCADA системі zenon додано відповідний проект zenon Logic “St”. Для зв’язку з SCADA системою додані змінні які наведені на рис. 3.10.

State	Name	Identification	Measur. #	Driver	Data type	Measuring ra...	Measuring ra...
	Filter text	Filter text	Filter...	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	SetPoint	Уставка	%	S7TCP32 - VIPA	REAL	0.00	5.00
	Vlagnost	Вологість	%	S7TCP32 - VIPA	REAL	0.00	10.00
	Zalonka	Засувка	%	S7TCP32 - VIPA	REAL	0.0	100.0

Рисунок 3.10 – Змінні програмованого логічного контролеру

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було розроблено автоматизовану систему управління зволоженням зерна зерноочисного відділення ТОВ “Леріз Обджект” у напрямку вдосконалення та покращення процесу зволоження. Це дозволяє зробити систему керування універсальною для виробництв аналогічної дії. Для системи управління апаратом для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 обрано комплекс технічних засобів на базі мікропроцесорного контролера VIPA 200 та програмний комплекс SCADA системи Zenon. Для процесу підготовки зерна пшениці для помелу по каналу керування «Положення клапану подача води – вологість зерна» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку першого порядку з запізненням. Використовуючи неперервну модель системи управління, була створена цифрова модель системи керування. За допомогою стандартних засобів математичного пакета MATLAB отримані програмні модулі, які реалізують об’єкт керування та регулятор на мові програмування Structured Text.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. - К.: КІХ Мінагропрому України, 1998.
2. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Одеса: Друк, 2001. – 348 с.
3. Правила організації та ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – К.: Київський інститут хлібопродуктів, 1998. – 144 с.
4. Нікішина О. Аналіз ринку борошномельної продукції / О. Нікішина // Товари і ринки. – 2013. № 2. – С. 43-57.
5. Бокій О.В. Ринок борошна в Україні / О.В. Бокій // Вісник ОНУ імені І.І. Мечнікова. – 2013. Т. 18 Вип. 4/1. – С. 43-57.
6. ГОСТ 10987-76 Зерно. Методи визначення склоподібності. 1976. 8 с.
7. ДСТУ 3768-2019 «Пшениця. Технічні умови». Київ : Держспоживстандарт України, 2019. 14 с.
8. ДСТУ ISO 21415-1:2009 Пшениця та пшеничне борошно. Вміст клейковини. Частина 1. Визначання сирої клейковини ручним способом (ISO 21415-1:2006, IDT). 2011. 10 с.
9. Переваги і недоліки різних методів відмивання клейковини. URL : <https://www.apk-inform.com/ru/processing/9926>.
10. ДСТУ ГОСТ 10840:2019 Зерно. Метод визначення натури (ГОСТ 10840-2017, IDT). 2020. 8 с.
11. Науково – виробниче об'єднання АГРО-СІМО-МАШБУД. Машина для зволоження А1-БШУ-1. URL: <https://simo.com.ua/ua/obladnannya/mashina-dlya-uvlajneniya-a1-bshu-1-a1-bshu-2/> (дата звернення: 10.09.2023).
12. Фракційне сепарування зерна на борошномельних заводах. Дулаєв В.Г., Гортинський В.В., Альтерман А.Н., Горшунов А.Н., Муравін В'С.'

Безсонов В.Я., Зотиков В.М., Федорова АН. Серія “Борошномельно-комбікормова промисловість”, – М; ЦИИТЭИ Минзага ССРСР 1978. – 60 с.

13. Верещинський, О. П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці : дис. докт. техн. наук : 05.18.02 / Верещинський Олександр Павлович. – К. : 2013. – 270 с.

14. ДСТУ 2209-93. Борошно, побічні продукти і відходи. Терміни та визначення. – Вид. офіц. – К.: Держстандарт України, 1993. – 55 с.

15. Дерев`янку Д. А. Вплив технічних засобів та технологічних процесів на травмування і якість насіння: монографія / Д. А. Дерев`янку // Ж.. Полісся: - 2015. – 772с.

16. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / За редакцією проф. І. Ф. Анежика. - К.: НУХТ, 2003. - 400 с.

Програмне забезпечення системи керування

Б.1 Програмне забезпечення об'єкта керування

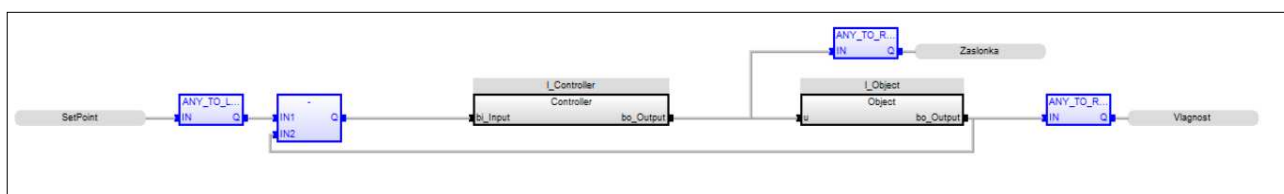
Б.1.1 Список програм

[FBD] Main (* Основна програма *)

[ST] Object (* Об'єкт керування *)

[ST] Controller (* Засіб керування *)

Б.1.2 Основна програма



```

(* Output: '<Root>/bo_Output' incorporates:
 * Constant: '<S1>/Температура окружающей среды'
 * Delay: '<S1>/Delay'
 * Sum: '<S1>/Sum3' *)
bo_Output := Delay_DSTATE[0] + LREAL#3.0;

(* Update for Delay: '<S1>/Delay' incorporates:
 * DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn' *)
FOR idxDelay := 0 TO 46 DO
    Delay_DSTATE[idxDelay] := Delay_DSTATE[idxDelay + 1];
END_FOR;
Delay_DSTATE[47] := LREAL#1.155735304437297E-5 * DiscreteTransferFcn_states;
(* End of Update for Delay: '<S1>/Delay' *)

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn' incorporates:
 * Update for Inport: '<Root>/bi_Input' *)
DiscreteTransferFcn_states := u - (LREAL#-0.999422132347781 * DiscreteTransferFcn_states);

```

Б.1.4 Засіб керування

```

(* Gain: '<S1>/Kp=1' incorporates:
 * Inport: '<Root>/bi_Input' *)
rtb_Kp1 := LREAL#1037.0 * bi_Input;
(* Saturate: '<S1>/0-100 %1' *)
IF rtb_Kp1 >= LREAL#100.0 THEN
    (* Output: '<Root>/bo_Output' *)
    bo_Output := LREAL#100.0;
ELSIF rtb_Kp1 > LREAL#0.0 THEN
    (* Output: '<Root>/bo_Output' *)
    bo_Output := rtb_Kp1;
ELSE
    (* Output: '<Root>/bo_Output' *)
    bo_Output := LREAL#0.0;
END_IF;
(* End of Saturate: '<S1>/0-100 %1' *)

```