

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Рибалко Олександр Дмитрович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В.			
Визначення моделі об'єкта керування	ст. викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту _____ Рибалко О.Д. _____ академічної групи _____ 151-17-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за **освітньо-професійною програмою** 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2021 № 201-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2020
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2020
Визначення моделі об'єкта керування	Виконати дослідження неперервної моделі об'єкта керування. Розробити цифрову модель об'єкта керування.	25.05.2020
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2020
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	08.06.2020

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

доц. Соснін К.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 19.04.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії 08.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Рибалко О.Д.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 75 с., 33 мал., 11 табл., 1 додаток, 29 джерел.

Об'єкт дослідження: система автоматизованого керування процесом транспортування зерна через сепаратор КБС.

Предмет дослідження: методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні транспортуванням зерна через сепаратор КБС.

Мета: підвищення якості процесу керування транспортуванням зерна через сепаратор, шляхом дослідження моделі об'єкту керування системи автоматизованого керування на основі сучасної мікропроцесорної техніки та програмних засобів.

Основними методами дослідження використаними для досягнення поставленої мети були: аналіз літературних джерел, декомпозиційне планування процесу очищення зерна, статистичний аналіз даних, імітаційне моделювання. В роботі проаналізована технологічний процес, структура об'єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та процедури дослідження об'єкта керування.

Застосовуючи декомпозиційне планування розроблено структурну схему системи керування, обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування з урахуванням вимог технологічного процесу. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA 200V та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

В результаті аналізу літературних джерел виконано аналіз, декомпозицію об'єкта керування, створено перелік вхідних вихідних сигналів системи керування транспортуванням зерна через сепаратор. Аналіз літературних джерел дозволів визначитися з передавальною характеристикою, значенням коефіцієнтів сепаратора по каналу подача / витрата зерна ($Q_{оп}$) на вході – ступень очищення / чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході. Використовуючи аналіз структури і функціонування об'єкта керування проведена структурна ідентифікація,

результатом якої є запропонована модель об'єкта керування у вигляді передавальної функції відповідної аперіодичній ланці першого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це припущення підтверджено та визначено значення параметрів перехідного процесу моделі об'єкта керування.

На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну неперервну модель об'єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. У подальшому розроблено цифрову модель об'єкта керування для розробки програмного забезпечення пристрою керування. Порівняння даних перехідного процесу неперервної моделі з даними цифрової моделі об'єкта керування показало їх відповідність. За допомогою метода нормованого середньоквадратичного відхилення розрахована адекватність отриманої цифрової моделі, що склала 99.74 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

Розроблена у кваліфікаційній роботі модель сепаратора системи автоматизованого керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС на основі промислового контролера VIPA System 200V реалізує учбове функціональне завдання. Подальшим напрямком роботи може бути використання отриманої цифрової моделі об'єкта керування для дослідження системи керування з метою підвищення якості його функціонування.

Розраховано витрати на придбання та експлуатацію системи автоматизації.

Розглянуто комплекс питань що до охорони праці при роботі системи.

ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА, СЕПАРАТОР, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Галузь промисловості	8
1.2 Технологічний процес	9
1.3. Загальна характеристика процесу очищення зерна	12
1.4 Принцип функціонування сепаратора	15
1.5. Висновки по розділу	17
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	18
2.1 Розробка структурної схеми системи керування сушіння зерна у зерносушарці	18
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	20
2.2.1 Вибір датчиків	20
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	23
2.2.3 Вибір пристрою керування	26
2.2.4 Вибір пультів оператора	31
2.2.5 Вибір джерел живлення	32
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	33
2.4 Розробка схеми електричної принципової	34
2.5. Висновки по розділу	36
3 Визначення моделі об'єкту керування	37
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків системи керування	37
3.2 Обробка результатів експерименту з ідентифікації моделі об'єкта керування	38
3.3 Розробка цифрової моделі об'єкту керування	42
3.4 Перевірка моделі на адекватність	44
3.5. Висновки по розділу	46
4 Економічна частина	47

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизації процесу керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС	47
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	47
4.3. Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	49
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	49
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	52
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	53
4.4.1 Амортизація основних фондів	54
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	55
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	56
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	56
4.4.5 Витрати на електроенергію	56
4.4.6 Інші витрати	57
4.5 Оцінка економічної ефективності проекту	58
4.6 Висновки по розділу	60
5 Охорона праці	61
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проектованого технологічного процесу, об'єкту, системи	61
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	62
5.3 Пожежна профілактика	65
5.4 Заходи з ергономіки	67
5.5 Висновки по розділу	70
Висновки	71
Перелік посилань	73
Додаток А	76

ВСТУП

Своєчасне та якісне очищення зерна що надходить на заготівельне підприємство оказує суттєвий вплив на трудомісткість, енерговитрати процесів сушіння, вторинного очищування, зберігання зерна, а значить на якість і вартість зерна. Розміри збитків, з цієї причини навіть на рівні окремих комбінатів хлібопродуктів сягають десятків тисяч гривень в сезон.

Хлібоприймальні пункти приймають від постачальників зерно різне по вологості. Тим часом тривалий час можна зберігати тільки сухе зерно, вологість якого не перевищує 15 %. Зерно, що має велику вологість, не стійке при тривалому зберіганні, в ньому під впливом вологи і тепла створюються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів і шкідників зерна. Особливо небезпечно зберігати сире зерно, в якому самозігрівання починається іноді на другий-третій день після прийому в зерносковище.

Найбільш ефективним заходом, що попереджає псування зерна, є очищення його від смітної домішки і сушіння. Зараз у нашій країні та за кордоном використовується велика кількість сепараторів, машин попереднього очищення зерна. Найчастіше це машини, що виконують очищення зерна за допомогою повітря та решет.

Для подачі зерна використовують різне поточно-транспортне обладнання: норії, конвеєри, живильники. Порушення режимів роботи норій настає в наслідок їх перевантаження зерном. При досягненні рівнем зерна у башмаку норії критичного значення, починається заклинювання стрічки. Це супроводжується різким зростанням навантаження на електродвигун, провокуванням пробуксовки стрічки щодо приводного барабана, її перегрівом, зростанням ризиків її загоряння і / або обриву, первинного пило-повітряного вибуху.

У зв'язку з цим необхідно забезпечення навантаження норій і всього маршруту транспортування зерна через сепаратор, при якому здійснюється їх максимальна ефективність і гарантується відсутність виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з перевантаженням транспортного обладнання. Це

вимагає розробки моделей керування сепаратором, що має саму низьку продуктивність при очищенні зерна, розробки ефективних алгоритмів керування поточно-транспортної лінією.

Керування машиною очищення зерна для стабілізації її завантаження та чистоти обробленого зерна доцільно за допомогою автоматизованих систем керування.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

На тлі постійного зростання врожайності зернових і олійних культур питання збереження якості зерна та насіння виходить на перший план. Елеваторів і сховищ в Україні не вистачає, від чого знижується якість врожаю, а значить, і потенційні прибутки аграріїв.

Від кількості і якості зерна залежить забезпеченість сировиною багатьох галузей харчової промисловості, зокрема борошномельної, круп'яної і комбікормової. У зв'язку з цим елеваторне господарство повинно в короткі терміни здійснювати прийом і потокову післязбиральної обробки зерна і забезпечувати його повне збереження. Найважливіша ланка поточних комплексно-механізованих ліній прийому і післязбиральної обробки зерна – це очищення, сушка, оскільки більша частина зерна надходить, як правило, з підвищеною вологістю і його збереження залежить від роботи сепараторів та зерносушильних установок.

В Україні потужності зі зберігання на офіційно сертифікованих елеваторах становлять близько 31 млн тонн. Ще 10 млн тонн – не сертифіковані сховища (в основному це силоси які сільгоспвиробники використовують для власних потреб, при цьому послуги зі зберігання зерна третім особам не пропонують). Таким чином, загальні одноразові потужності зернових складів в Україні перевищують 40 млн тонн. При сьогоdnішньому темпі нарощування елеваторних потужностей ще принаймні протягом найближчих 10 років ми будемо спостерігати дефіцит зберігання зернових. За оцінками аналітиків, потреба в зберіганні продукції рослинництва в 2020 році зросте до 80-82 млн тонн

Складним залишається питання вартості послуг по очищенню, сушінню зерна в зв'язку з ростом вартості енергоносіїв.

1.2 Технологічний процес

Сепарація [1] – відокремлення твердих частин; розділення на складові частини твердих сумішей. Сепарацію або очищення зерна від домішок, як одну з операцій післязбиральної обробки зерна, виконують на заготівельних підприємствах (хлібоприймальні пункти та елеватори). Технологія обробки продовольчого зерна на заготівельних підприємствах складається з низки операцій, у результаті яких отримують зерно необхідної якості. Процес містить визначення ваги вихідного матеріалу, розвантажування автомашин або залізничного транспорту, попереднє очищення, сушіння, первинне та друге очищення, сортування, транспортування зерна та відходів, зважування готової продукції, термічне знезараження, тимчасове зберігання, вентилявання, довгострокове зберігання у силосах, у складах насипом або мішкотарі.

В Україні та у світі сепарація зерна це різнопланова важка науково-технічна проблема, яка в залежності від постановки завдання має багатообразні рішення. Не буде перебільшенням вважати що все зерно та насіння на етапі післязбиральної обробки підлягає очищенню.

Сепаратори або зерноочисні машини у технології післязбиральної обробки зерна на заготівельному підприємстві розміщується, як показано на рисунку 1.1. Першу зерноочисну машину розміщено до зерносушарки [2, 3, 4, 5] та призначено для попереднього очищення, а другу після зерносушарки для вторинного очищення за один прохід через технологічну лінію. Такий приклад часто можна зустріти на заготівельному підприємстві.

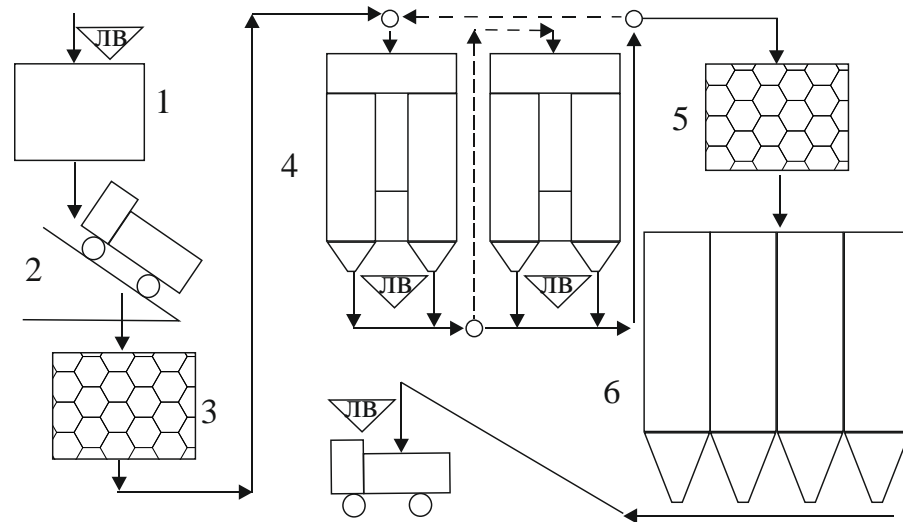


Рис. 1.1. Схема післязбиральної обробки зерна на заготівельному підприємстві,

де 1 – автомобільні ваги; 2 – розвантажувач автомобільного транспорту; 3 – зерноочисна машина (для попереднього очищення); 4 – сушарки ДСП; 5 – зерноочисна машина (для вторинного очищення); 6 – силосний корпус елеватора, ЛВ – точки відбору проб продукту для лабораторного визначення якості.

Зерно на хлібоприймальні пункти та елеватори під час збору врожаю перевозять з токів та безпосередньо від комбайнів автомобільним транспортом. Після відбору проб зерна і визначення його якості автомобілі з зерном зважують на автомобільних вагах та направляють на пункт розвантаження автомобілів. Зерно прямує на первинне очищення, потім сушіння зерна, потім вторинне очищення та прямує на зберігання у силосний корпус або склад зберігання зерна. Якщо якісні показники зерна, що надійшло на підприємство відповідають умовам довгострокового зберігання, то операції очищення та сушіння зерна пропускаються.

Обов'язковою умовою, яку слід виконувати перед сушінням зерна, є його попереднє очищення. Великий вміст домішки в зерні може викликати загоряння в сушарці, нерівномірну сушку і привести до непродуктивних втрат тепла на висушування домішок. Незалежно від очищення зерна на зерноочисних машинах понадсушильний бункер повинен обов'язково мати

сітку для затримання великого сміття або випадково потрапляння предметів.

Завданням зерноочисної машини є максимальне очищення зерна від домішки, що відрізняються від зерна основної культури геометричними розмірами (ширина, товщина) та аеродинамічними властивостями (швидкість витання). Фактори, що ускладнюють очищення, це велика засміченість зерна (до 15–20%), велика вологість (20–25%), олійність. Враховуючи змінну кон'юнктуру культур, що вирощують та великі об'єми зерна, що надходять на переробку під час збору врожаю сепаратори при попередньому очищенні повинні очищувати зерно та насіння різних культур (пшениця, ячмінь, жито, овес, кукурудза, соняшник, рапс, горіх, соя та ін.) з високою продуктивністю та ефективністю.

1.3 Загальна характеристика сепаратора КБС

До складу лінії очищення зерна на елеваторі входить транспортне обладнання, сепаратор, аспіраційне обладнання. Обов'язково лінія очищення зерна містить наступне обладнання:

- норії;
- засувка з електроприводом перед сепаратором;
- сепаратор.

Норії

Норія складається з наступних основних вузлів: головки, черевика, стрічки з ковшами і труб (рис.1.2).

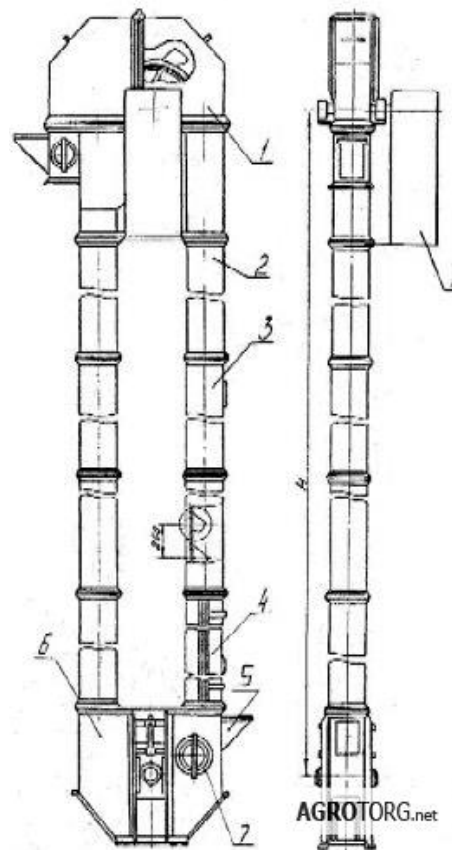


Рис. 1.2 - Загальний вигляд норії стрічкової ковшового:

1 - головка; 2 - секція труби гладка; 3 - секція труби оглядова;
4 - секція труби натяжна; 5 - носик; 6 - черевик; 7 - люк оглядовий;
8 стрічка, 9 - привод.

Норії застосовують для вертикального переміщення сипучих матеріалів (зерна, борошна, крупи, комбікормів і ін.) Застосовують норії типів I і II: 1-2x10, II-50 і т. Д., Різної продуктивності. Наприклад, норію 1-2x10 з двома гілками продуктивністю по 10 т / год, зі швидкістю руху стрічки від 1,4 м / с, застосовують в зерноочисних відділеннях зернопереробних заводів для переміщення зерна, а норію I-175 продуктивністю 175 т / год, з швидкістю стрічки до 2,5 м / с, - на елеваторах.

Засувка з електроприводом тип ЗШ

Засувка шиберна з приводом ЗШ [6] розташовується у точках вивантаження накопичувальних ємностей, бункерів, зерносховищ силосного

типу. Засувка (рис. 1.3) складається з корпусу, механізму клапана, мотор-редуктору, реверсивного електродвигуна, двох кінцевих вимикачів, резистору опору для індикації положення засувки. Корпус засувки має жорстку конструкцію з листової сталі. Відмітною особливістю засувки шиберної з приводом є те що шибер рухається вздовж напрямних і відкриває (закриває) випускную воронку, після чого відбувається випуск продукту.

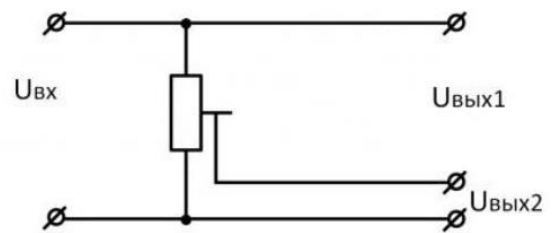


Рисунок 1.3 – Засувка з електроприводом тип ЗШ

Клапан має два кінцевих положення, що фіксуються кінцевими вимикачами. При досягненні клапаном крайнього положення спрацьовує кінцевий вимикач, відключаючи електропривод. Положення засувки також визначається опором резистора. Опір резистору має лінійну характеристику.

Сепаратор КБС

Сире зерно з бункера через засувку подається в норію 1, яка направляє зернову масу у сепаратор. Для контролю рівня зерна у бункері розташовано датчик рівня. Засувка регулює швидкість подачі зернової маси у сепаратор. Під дією гравітаційних сил зерно рухається до низу та продувається повітрям. Очищене зерно з сепаратора надходить на норію 2 та прямує на зерносушарку або склад готової продукції.

Технологічна схема очищення зерна сепаратором КБС [7, 8] приведена на рисунку 1.4. Першою технологічною операцією є відокремлення легких домішок за допомогою повітря. Це важливо оскільки легкі домішки складають до 70 % від маси усіх домішок, та їх

відокремлення на першому етапі значно спрощує очищення на інших етапах. Крім того, такі легкі домішки як солома, стебла та остюки рослин можуть застрягати в отворах, а сучасні засоби очищення решет не можуть з цим справитись.

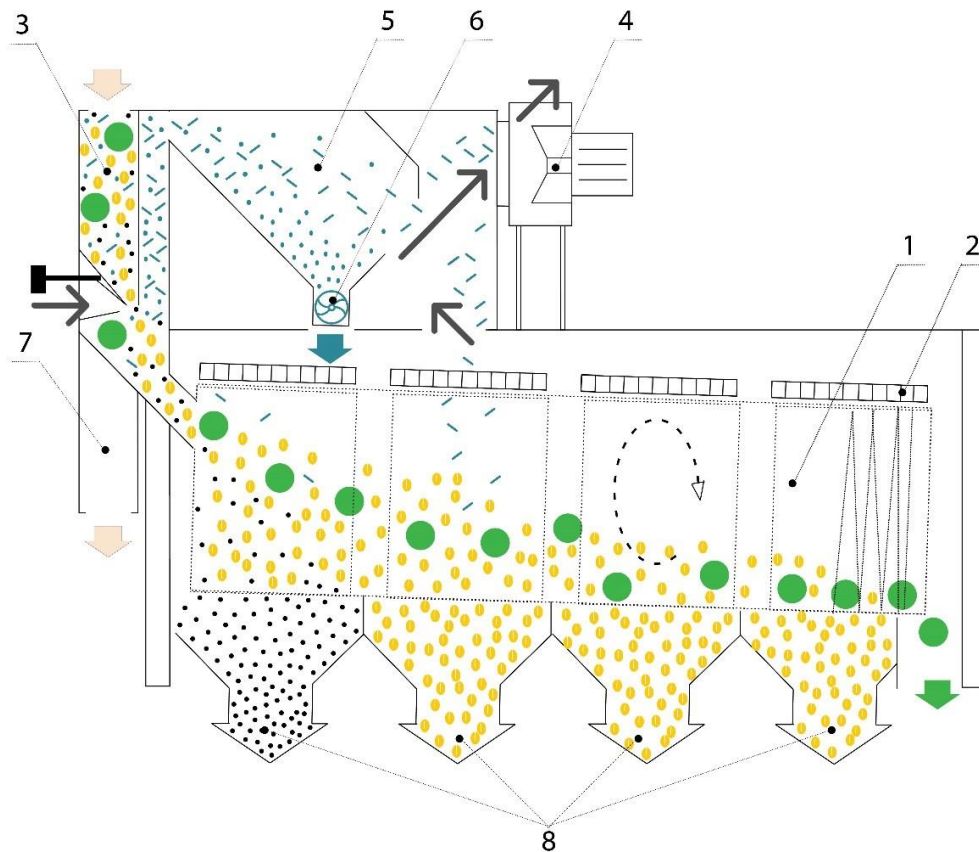


Рис. 1.4. Загальний вигляд та технологічна схема сепаратору КБС, де, 1 – барабан; 2 – очищувач решет; 3 – пневмосепарируючий канал; 4 – вентилятор; 5 – пилоосаджувальна камера; 6 – розвантажувальний пристрій легких домішок; 7 – відвідний патрубок; 8 – приймачі продуктів розділення.

На другій технологічній операції за допомогою решет з малими отворами (підсівні решета) з зерна відокремлюються дрібні домішки. Зміст дрібних домішок в зерні відносно невеликий (2-5%) і їх відокремлення відбувається через отвори малого розміру. Через малу ймовірність проходження частинок в щільному зерновому шарі через отвори решета

ефективність виділення дрібних домішок не може бути високою. За показником ефективності виділення дрібних домішок можна судити про технічний рівень машини очищення в цілому. На третій технологічній операції з зернової маси за допомогою решет з великими отворами відокремлюють великі домішки. Дуже важливо, щоб під час цієї операції все зерно основної культури пройшло через отвори решет, інакше зерно буде загублено з великими домішками, як негідні відходи. Цей фактор є основним обмеженням у продуктивності зернових сепараторів. Четверта, остання операція, являє собою повітряну очистку зерна від легких домішок. На відміну від першої повітряної очистки, метою якої є отримання максимальної кількості легких домішок, остаточна повітряна очищення дозволяє за рахунок різниці в аеродинамічних властивостях витягувати домішки, які важко відокремити, щуплі та дефектні зерна основної культури, які називаються низьконатурною фракцією зерна. Для цієї операції у зернових сепараторах мається можливість тонкого настроювання повітряного потоку.

1.4 Принцип функціонування сепаратора

Робота зерноочисної машини характеризується наступними параметрами контролю та керування [3, 4, 9, 10]: чистотою та щільністю зерна на виході, продуктивністю машини на виході, вмістом повноцінного зерна у відходах, параметрами технологічного ефекту очищення (коефіцієнт повноти відокремлення, показника ефекту очищення). До збурень, що діють на об'єкт відносяться вологість, чистота, щільність зернової маси, що надходить; подача зернової маси у машину; швидкість повітряного потоку у каналах аспірації. Основні керуючі параметри наступні: переміщення регулюючого органу, що змінює подачу зерна в машину; переміщення регулюючого органу, що змінює швидкість повітря у аспіраційних каналах, також кут нахилу решет зерноочисної машини.

Пуск сепаратора здійснюється наступним чином. Оператор перед пуском подає попереджувальний звуковий сигнал[4]. Пуск сепаратора починається з запуску вентиляторів аспірації сепаратора, починають обертатися решети сепаратора, відкривається засувка подачі зерна у сепаратор. Безаварійна робота обладнання сепаратора без зерна дозволяє почату роботи транспортного обладнання для наповнення зерном сепаратору. Засувка подачі зерна у сепаратор виставляється на номінальне значення розходу зерна що надходить до сепаратора.

По завершенню роботи або для зупинки сепаратора на тривалий час (більше доби) потрібно припинити подачу сирого зерна транспортним обладнанням, повністю опустошити сепаратор від зерна. Потім по черзі зупинити обертання решет сепаратора, зупинити вентилятори аспірації сепаратора.

Задачі керування

Як навчальна задача керування сепаратором у кваліфікаційній роботі, відокремлено канал керування «Подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході сепаратора» для дослідження об'єкту керування автоматизованої системи.

Критерієм роботи сепаратора є мінімальне відхилення від заданого значення чистоти зерна ($\Psi_{ок}$) на виході сепаратора.

$$\underset{\text{відхил}}{\Psi_{ок}} = |\Psi_{ок} - \Psi_{ок.зад}| \rightarrow \min \quad (1.1)$$

де $\underset{\text{відхил}}{\Psi_{ок}}$ – відхилення значення параметру чистота зерна на виході сепаратора; $\Psi_{ок}$ – значення параметру чистота зерна на виході сепаратора; $\Psi_{ок.зад}$ – задане значення параметру температура зерна на виході сепаратора.

Причому якщо зерно неповністю очистити то, наприклад, при сушінні зерна на домішки буде затрачено додаткову теплову та електричну енергію. Може бути знижена точність вимірювання ємнісних вологомірів, а це призведе до пересушування або недосушування зерна, що пов'язано з додатковими економічними втратами. Якщо очищувати зерно, більш якісно, ніж потрібно, то це призведе до зниження пропускної спроможності

сепаратора, всієї лінії післязбиральної обробки зерна. Своєчасне та якісне очищення зерна що надходить на заготівельне підприємство оказує суттєвий вплив на трудомісткість, енерговитрати процесів сушіння, вторинного очищування, зберігання зерна, а значить на ефективність роботи всього підприємства.

1.5. Висновки по розділу

Поєднання в одній машині очищення зерна повітряного сепаратора та решітного сепаратора дозволяє, з одного боку, за один прохід зерна очистити суміш по різним признакам, підвищити інтенсивність процесу. З іншого боку, таке поєднання створює труднощі керування для отримання заданої якості процесу.

У цьому складному процесі, як навчальна задача, відокремлено процес керування по каналу подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході сепаратора для розробки документів та дослідження об'єкту керування автоматизованої системи.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування транспортування зерна через сепаратор

При розробці структурної схеми показуються структурні елементи системи керування і зв'язки між ними. Структурна схема системи автоматизованого керування транспортуванням зерна через сепаратор є частиною системи автоматизованого керування процесом очищення зерна (САК ПОЗ) зображена на рис. 2.1.

Система автоматизованого керування складається з пристрою керування і підключених до нього технологічних датчиків, виконавчих механізмів, підсистеми керування сушаркою, пульта диспетчера, пульта керування і пристрою індикації.

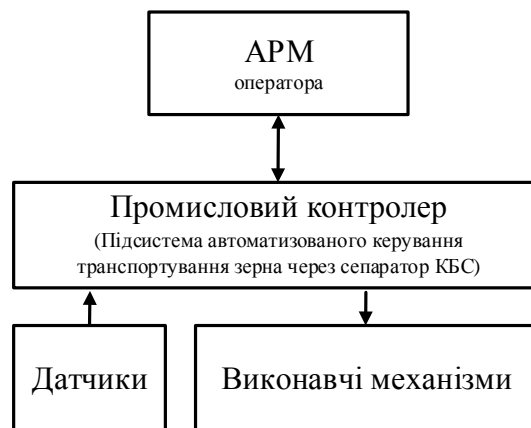


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи автоматизованого керування процесом очищення зерна через сепаратор КБС

Опираючись на критерій керування технологічним процесом, пропонується використовувати трьохрівневу систему керування. Перший рівень здійснює збір інформації за допомогою датчиків і керування виконавчими пристроями. Датчики передають дані інформації на верхній рівень.

Перелік вхідних та вихідних сигналів системи керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС, що розглядається у кваліфікаційній роботі бакалавра представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. - Перелік вхідних та вихідних сигналів

№	Найменування	Ідентифікатор	вх./вих.	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма		Період вв/вив
						зовніш	внут	
1	Рівень зерна	LSA	вхід	діскрет.	СУМ-1	24 В	1 біт	1 хв.
2	Признак норм. стану сепаратора	p1	вхід	діскрет.	САК ПОЗ	-	1 біт	10 с
3	Стан засувки	GI	вхід	аналог.	Резистор	-	1 байт	1 хв.
4	Стан засувка «Відкрито»	GS1	вхід	діскрет.	ВК-200	-	1 біт	1 хв.
5	Стан засувка «Зачинено»	GS2	вхід	діскрет.	ВК-200	-	1 біт	1 хв.
6	Відкриття засувки	KM2	вихід	діскрет.	Пусковий пристрій	24 В	1 біт	10 с
7	Зачинення засувки	KM3	вихід	діскрет.	Пусковий пристрій	24 В	1 біт	10 с
8	Сигналізація звукова	KM1	вихід	діскрет.	Пусковий пристрій	24 В	1 біт	10 с

На рівні датчиків пропонується використовувати дискретні і аналогові датчики:

- датчик рівня зерна LSA;
- датчик стану засувки GI(аналоговий);
- датчик стан засувки «Відкрито» GS1;
- датчик стан засувки «Зачинено» GS2;

Виконавчі механізми:

- пускач відкриття засувки KM2;
- пускач зачинення засувки KM3;
- пускач сигналізації звукової KM1;

Другий рівень здійснює обробку інформації, що надійшла з першого рівня, реєстрацію технологічних параметрів, підготовку і видачу оперативної інформації на третій рівень, отримання завдань від третього рівня. Другий рівень включає в себе промисловий контролер.

Третій рівень керування представляє собою пульт оператора. Пульт оператора виконує наступні функції:

- керування в реальному масштабі часу технологічним процесом;

- візуалізація стану технологічного обладнання в зручному для сприйняття і аналізу вигляді (графіки, мнемосхеми, тренди і т.п.), ведення бази даних, обробку даних.

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір датчиків

Сигналізатор рівня мембранний СУМ-1

Сигналізатор рівня мембранного типу[11] призначений для контролю граничного рівня зерна, цементу, вапна, піску, а також інших сипучих середовищ, у виробничих ємностях (рис. 2.2.). Сигналізатор має моноблочну конструкцію, що поєднує електронний перетворювач, який має релейний або безконтактний вихід і чутливий елемент.

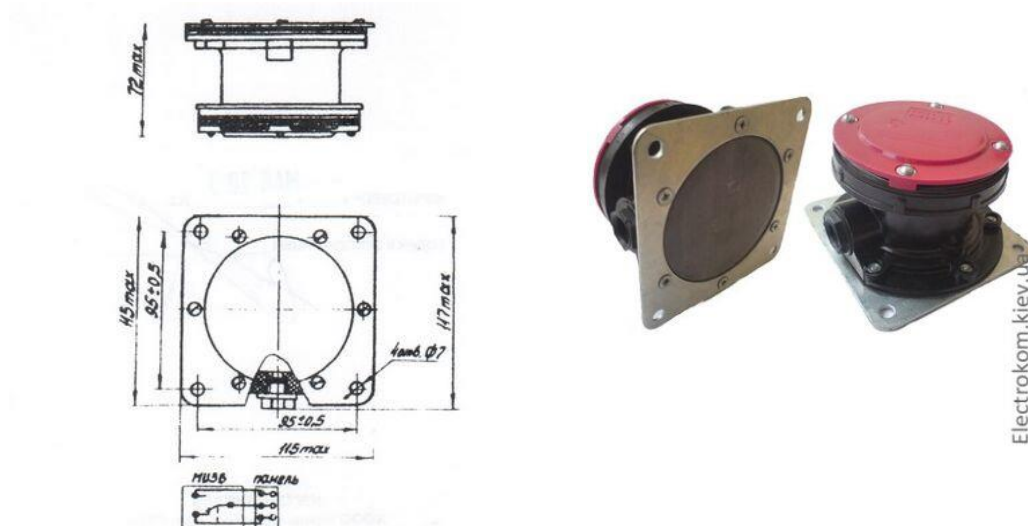


Рисунок 2.2 - Сигналізатор рівня СУМ-1

Механічна дія сипучого середовища на робочу мембрану передається через важіль на мікроперемикач. Корпус СУМ-1 складається з ударостійкої технічної термопластичної смоли та металевого фланця. Датчик СУМ-1 складається з двох порожнин. У передній порожнині розташовані робоча мембрана, механізм зважування та мікроперемикач. У задній порожнині розташовані клемна колодка та силіконова діафрагма, що компенсує надлишковий тиск повітря всередині датчика під час дії на робочу мембрану.

На зовнішній стороні кришки знаходиться отвір для надходження атмосферного повітря.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики сигналізатора рівня СУМ-1

Сигналізатор рівня (СУМ-1):	
Вихід	Перемикаючий «сухий» контакт;
Гарантоване зусилля спрацювання	0,5 Н
Гарантована кількість спрацювань	30000
Струм комутації (при напрузі 220 В)	2 А
Умови експлуатації:	
Температура:	- 20...+ 50 °С;
Ступень захисту	IP 65

При заповненні або спорожненні резервуара мікроперемикач дискретно змінює своє положення в залежності від наявності сипучого середовища. Верхні датчики рівня зерна повинні бути встановлені на такій відстані від верхньої кромки бункера, щоб, після того як вони спрацюють, в бункер можна було додати ще деяку кількість зерна, що подається до виключення транспортного устаткування.

Вимикач кінцевий ВК-200

Кінцеві вимикачі застосовуються у електричних колах керування, сигналізації та контролю положення рухомих частин механізмів у просторі [12]. Основні технічні характеристики ВК-200 (рис.2.3): розраховано для роботи під напругою не більш 440 В постійного струму, не більш 660 В змінного струму частотою 50Гц; виконання вимикача – закрите, ступень захисту IP67.

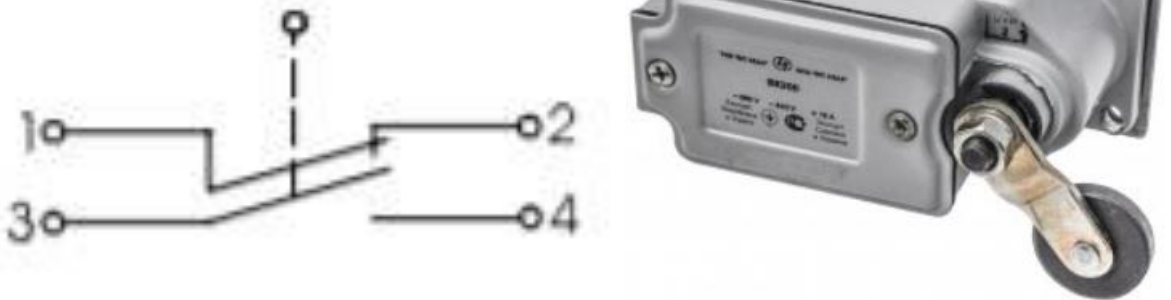


Рисунок 2.3 – Вимикач кінцевий ВК-200

Вимикач має два електричних кола; тип перемикаючого засобу – миттєвої дії; тип привода – важіль с роликом; температура навколишнього середовища від мінус 50 до плюс 50 0С; механічна зносостійкість 1 000 000 спрацювань.

Пост кнопковий типу ПВК-1



Рисунок 2.4 – Пост кнопковий типу ПВК-1

Пост кнопковий типу ПВК-1 вибухозахисний призначений для дистанційного керування електроприводами машин і механізмів в стаціонарних установках і на рухомих засобах наземного, морського транспорту, де вони приводяться в дію вручну оператором, а також для сигналізації, пов'язаної з названими електроприводами, або іншими електротехнічними пристроями.

Вибухозахисна металева оболонка поста ПВК складається з корпусу і кришки. Усередині оболонки на кришку встановлені один, два або три

(відповідно для одно-, дво-, кнопковий постів) контактних блоку, що забезпечують комутацію електричних ланцюгів.

Привід кнопки «стоп» виконаний грибовидної форми з самофіксацією. Основним виконавчим органом постів є блоки контактні. Блоки мають один розмикаючий і один замикаючий контакти.

Таблиця 2.3 – Технічні дані пульта керування типу ПВК-1

Номінальна напруга змінного струму (50Гц), В	до 380
Максимальний струм, А	16

Для узагальнення даних про обрані датчики служить таблиця 2.5 наведена нижче.

Таблиця 2.4 - Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Значення виходу	Напруга живлення
1	Пост кнопковий	дискретний	ПВК-1	НЗ контакт реле	+/-24В
2	Рівень зерна	дискретний	СУМ-1	НР контакт реле	+/-24В
3	Кінцеве положення засувки	дискретний	ВК-200	НЗ контакт реле	+/-24В

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

До технічних засобів системи керування транспортно-вантажним комплексом відносяться пускові пристрої приводів конвеєра, засувки, норій і живильника. Для керування застосовуються триполюсні модульні контактори для комутації змінного струму.



Рисунок 2.5 – Магнітні пускачі LOVATO Electric

Завдяки модульній конструкції контактори є незамінними при монтажі в модульних щитках спільно з іншим модульним устаткуванням.

Основні параметри:

- оснащені магнітною системою змінного струму;
- забезпечено захист від перенапруги і піків імпульсів напруги;
- можуть використовуватися як в силових ланцюгах так і в колах керування;

- швидкий монтаж.

Технічні характеристики:

- серія CN, механічна зносостійкість 300000 циклів;
- Напруга керування 220В АС;
- Номінальний струм (АС1), до 40 С 40А;
- Кількість силових полюсів 4;
- Наявність допоміжного контакту ЗНО + 1НЗ;

Сигналізатор світлозвуковий ВС-3

Для здійснення передпусковий і аварійної сигналізації пропоную використовувати сигналізатор світлозвуковий ВС-3. Він призначений для подачі звукового і світлового сигналів з метою залучення уваги людей в аварійних та інших ситуаціях.



Рисунок 2.6 – Сигналізатор світлозвуковий ВС-3

Застосовуються у вибухонебезпечних зонах приміщень і зовнішніх установок на небезпечних виробничих об'єктах, транспортних засобах, судах.

При подачі напруги живлення переривчасто загоряються світлодіоди, і звучить модульований «тривожний» сигнал. Корпус сигналізаторів виконаний з алюмінієвого сплаву, має гальванічне антикорозійне і захисне лакофарбове покриття. На лицьовій панелі корпусу розташовані звуковий пьезоіслучатель і яскраві світлодіоди.

Може застосовуватися в умовах впливу атмосферних опадів, сонячного випромінювання.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики

Тип:	BC-3-220B
Напруга (Un):	~ 220В
Потужність (Рпот), Вт:	6
Рівень звуку, дБА/1м:	105
Частота звуку, кГц:	1,5 – 4
Сила світла, mcd:	>2000
Колір світлодіодів:	Красный
Ступінь захисту:	IP67
Вид вибухозахисту:	1ExsIIТ3
Масса, кг:	не более 0,6

Сигналізатори поставляються з приєднаним кабелем, довжиною 1,5 м або більше на замовлення, з пристроєм кріплення металорукава УКМ-10 (УКМ-12), можливе кріплення броньованого кабелю із застосуванням пристрою УКБК-15. Кабель живлення - круглого перетину, з діаметром по ізоляції 5 ... 10 мм.

Таблиця 2.6 - Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Значення виходу	Напруга живлен.	Потуж-ть споживан
1	Пусковий пристрій засувки, світлозвукової сигналізації	дискретний	BF0901A230	Замкн./разомкн. контакти	220В	50Вт

2.2.3 Вибір пристроїв керування

Для реалізації даної системи був обраний контролер VIPA System 200V. System 200V – сімейство контролерів VIPA для побудови центральнозованої, розподіленої системи автоматизації [13]. Вони використовуються в системах промислової автоматизації з підвищеними вимогами до надійності устаткування і до часових параметрів контурів керування[14, 15, 16, 17, 18]. CPU сумісні по набору інструкцій з популярними контролерами SIMATIC S7-300 і можуть програмуватися як за допомогою прикладного програмного забезпечення WinPLC7 (VIPA), так і за допомогою STEP 7 (Siemens).

Серія System 200V побудована за модульним принципом, що дозволяє оптимально підбирати конфігурацію для вирішення тієї чи іншої конкретної задачі і легко модифікувати систему при її розширенні або зміні вимог до неї. Всі модулі вводу-виводу і інтерфейсні модулі універсальні, що дозволяє поєднувати їх з будь-яким мікропроцесорними модулями даної серії. При цьому є можливість вибору процесорного модуля з оптимальною продуктивністю для вирішення конкретного завдання.

Контролери VIPA серії System 200V мають гарний час відгуку і підходять для керування виробництвами періодичного, безперервного і безперервно-періодичного типу.

Технічні характеристики:

- Кількість входів / виходів: дискретні - до 1024 I / O;
- Модульна конструкція (до 32 модулів розширення): дискретні I / O, аналогові I / O, функціональні, інтерфейсні, комунікаційні.
- Обсяг пам'яті: від 32 до 128Кбайт;
- Тип пам'яті: RAM + FLASH;
- Час виконання операції: з бітами - 0,18 мкс;
- Годинник реального часу;
- Таймери / Лічильники: 128/256;

- Програмування: WinPLC7 від VIPA / STEP7 від Siemens;
- Інтерфейс: MP2I (MPI + PPI);
- Підтримка мереж: Profibus DP master / slave, Ethernet. •



Рисунок 2.7 – Контроллер VIPA System 200V

Для реалізації поставленого завдання на базі контролера серії VIPA System 200V виберемо:

- 1 модуль аналогового вводу SM 231-1BD60, який дозволить приймати дані від датчику положення засувки.
- 1 модуль дискретного вводу SM 221-1BF10 для всіх дискретних датчиків.
- 1 модуль дискретного виводу SM 222-1HF00, що дозволяє вивести сигнали на приводи виконавчих механізмів.

Для підключення до програмованого логічного контролера датчику положення засувки необхідно використовувати модуль аналогового вводу з діапазоном вхідного сигналу від 4 до 20 мА. Даним вимогам задовольняє модуль VIPA 231-1BD60 який володіє чотирима аналоговими входами з діапазоном сигналу від 4 до 20 мА (рис. 2.8).

Модуль аналогового вводу SM 231-1BD60 володіє багатьма можливостями налаштування і конфігурації, дозволяє підключати різноманітні датчики і інші джерела сигналів.



Рисунок 2.8 – Модуль аналогового вводу SM 231-1BD60:

Технічні характеристики:

- Кількість входів - 4;
- Дозвіл - 12 біт;
- Вхідний сигнал - 4 ... 20 мА;
- Час перетворення - 3 мс;
- Діапазон робочих температур від 0 до + 55 ° С;
- Тип джерела сигналів - мА, В, ТЗ, RTD;
- Особливості - міжканальна ізоляція.

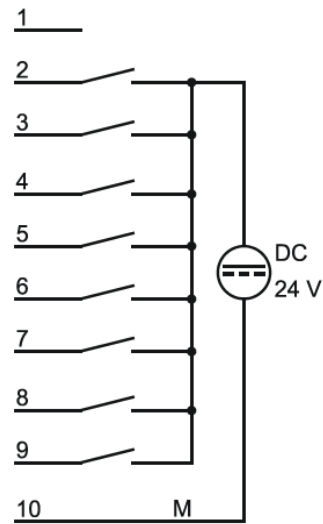
У відповідності зі схемою підключення модуль володіє чотирма незалежними каналами, до кожного з яких може бути підключений джерело струму. До «+» контакту каналу 2, 4, 6, 8 підключається сигнал від датчика.

Серед переваг модулів дискретного вводу і виводу VIPA System 200V слід назвати те, що всі вони забезпечують гальванічну ізоляцію до 500В між вхідними сигналами і внутрішньою шиною контролера, а також оснащені світлодіодними індикаторами стану входів.

Модуль дискретного вводу SM 221-1BF10 - 8-канальний модуль з постійною часу 0,2 мсек.



а)



б)

Рисунок 2.9 – Модуль дискретного вводу SM 221-1BF10:

а) – зовнішній вигляд; б) – схема підключення

Технічні характеристики:

- Кількість входів - 8;
- Вхідний сигнал - 24 В (DC);
- Час спрацьовує - 0.2 мс.
- Ізоляція - гальванічна;
- Тип джерела сигналу - PNP;
- Напруга живлення - 5 В, системною шиною;
- Потужність - 0,1 Вт;
- Струм споживання - 0,02 А системною шиною.

Модуль дискретного виводу SM 222-1HF00 - 8 реле х30 В постійного струму / 230В змінного струму, 5 А, контакти із загальним потенціалом.

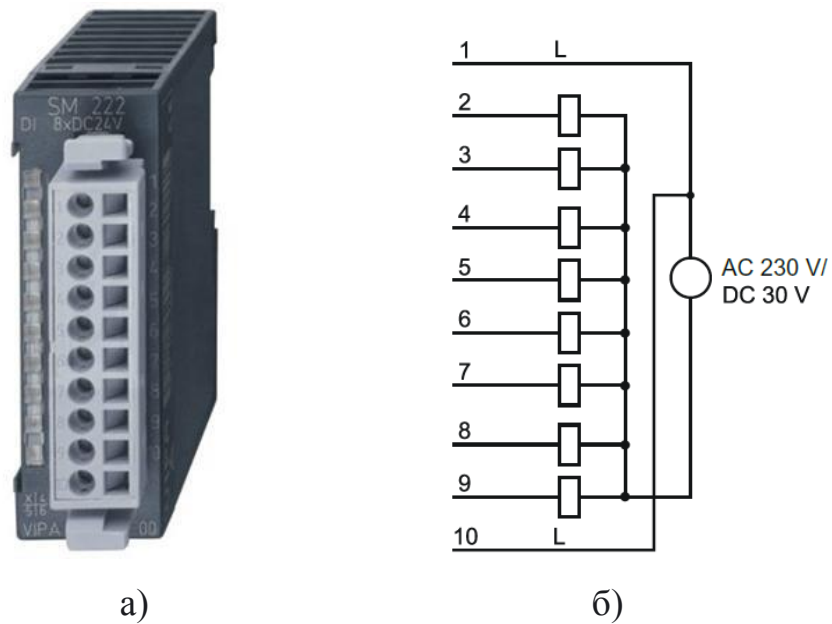


Рисунок 2.10 – Модуль дискретного виводу SM 222-1HF00:

а) – зовнішній вигляд; б) – схема підключення

Технічні характеристики:

- Кількість виходів - 8;
- Напруга навантаження - 30 В (DC), 230 В (AC);
- Максимальний струм навантаження - 5 А;
- Частота перемикання - 10 Гц;
- Індикатори - світлодіодні індикатори стану;
- Напруга живлення - 5 В постійного струму;
- Потужність- 1.25 Вт;
- Особливості - 8 реле із загальним проводом.

Модуль центрального процесора 214-1BA02 є основним пристроєм, який отримує інформацію від технологічних датчиків через модулі введення і відповідно до заданого алгоритму роботи об'єкта формує керуючі сигнали на виконавчі пристрої через модулі виводу.

Технічні характеристики:

- Тип - CPU 214,
- Напруга живлення - 20,4В - 28, 8В (DC),
- Постійної / оперативної пам'яті - 48 / 80кВ,

- MP2I-інтерфейс,
- MMC слот,
- годинник реального часу.
- Тип інтерфейсу (електричний) - RS485.



Рисунок 2.11 – Модуль центрального процесору 214-1BA02

2.2.4 Вибір пульта оператора

Верхній рівень системи забезпечує виконання функцій оперативно-диспетчерського контролю та керування технологічним обладнанням об'єкту автоматизації. Робоча станція оператора використовує персональний комп'ютер з операційною системою сімейства Microsoft Windows і SCADA системою zenon. Для реалізації підсистеми ведення архівів параметрів і подій використовуються окремі програмні модулі SCADA системи zenon. Зв'язок між перерахованими апаратними комплексами відповідно до вимог забезпечується за допомогою загальної мережі підприємства, а між програмним забезпеченням за допомогою стандартних протоколів.

Персональний комп'ютер з монітором є частиною великої системи керування процесом очищення зерна, для якої система автоматизованого керування транспортуванням зерна через сепаратор є важливою підсистемою, тому вибір робочої станції є частиною іншої більшої системи. Загальними вимогами до персонального комп'ютера є наступні: сучасна операційна система Windows10, монітор з діагоналлю не менше 22 дюймів,

розширення екрану 1920x1080 та краще. Системний блок повинен відповідати наступним мінімальним вимогам: сучасний процесор класу i5, 8 Гб оперативної пам'яті, 2 Гб графічна карта, контролер інтерфейсів PCI-E–USB3.0., перетворювач інтерфейсів USB–RS485. Контролер інтерфейсів повинен мати як найменше 2 канали USB3.0. один це основний, а другий запасний на випадок несправності основного.

У якості перетворювача інтерфейсів між комп'ютером та контролером обрано перетворювач USB–485M(мікросхема MCP2200). Він (рис. 2.12) містить корпус, кабель під'єднання до USB-порту, містить гальванічну розв'язку даних та живлення з лінією RS485, має захист у вигляді само відновлювальних запобіжників з боку лінії RS485.



Рис. 2.12 – Перетворювач USB–485M

2.2.5 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер VIPA 214-1BA02 та його модулі мають напругу від джерела постійного живлення 24 В. Загальна споживана потужність програмованого логічного контролера та його модулів складає 9,37 Вт.

Для живлення обрано модуль живлення PS 207, що використовується у системах VIPA 100V та VIPA 200V, для живлення модулів. Модуль джерела живлення перетворює змінну напругу мережі 220В у постійну напругу живлення 24В для живлення датчиків ті модулів.

Технічні характеристики:

Вхідна напруга – 100...240 AC, 50/60 Гц,

вихідна напруга – 24 В \pm 5% DC,

вихідний струм – 2 А,

монтаж на 35мм Din-рейку

Максимальний струм – 2А

Температура навколишнього середовища – 0 °С .. 60 °С



Рисунок 2.13 – Модуль живлення PS 207-1BA00

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації є основним технічним документом, який визначає структуру і функціональні зв'язки між технологічним процесом і засобами контролю і керування. На функціональній схемі умовними позначеннями показано основне технологічне обладнання та засоби автоматизації.

Всі елементи системи керування об'єднуються в єдину систему лініями функціонального зв'язку. Функціональна схема автоматизації зображена на рис. 2.14.

Як пристрій керування використовується програмований логічний контролер (UY 1 - VIPA 214-1BE02). Дані програмованого логічного

контролера про стан технологічного процесу візуалізуються на пульті оператора (UYR - Персональний комп'ютер).

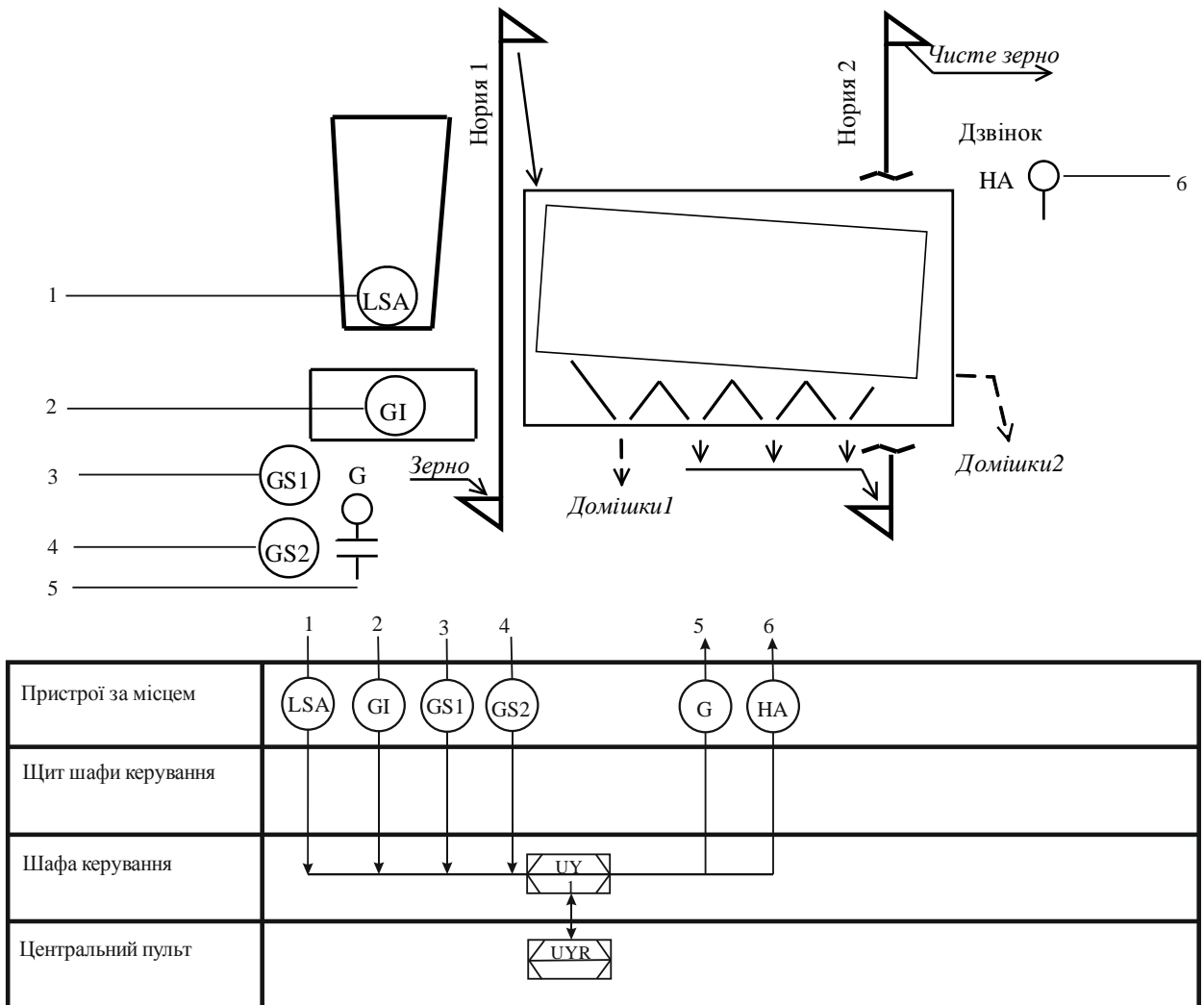


Рисунок 2.14 – Функціональна схема системи

2.4 Розробка схеми електричної принципової

На принциповій схемі (рис. 2.15) зображуються всі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення керування і контролю заданих процесів, всі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи, якими закінчуються вхідні і вихідні ланцюги.

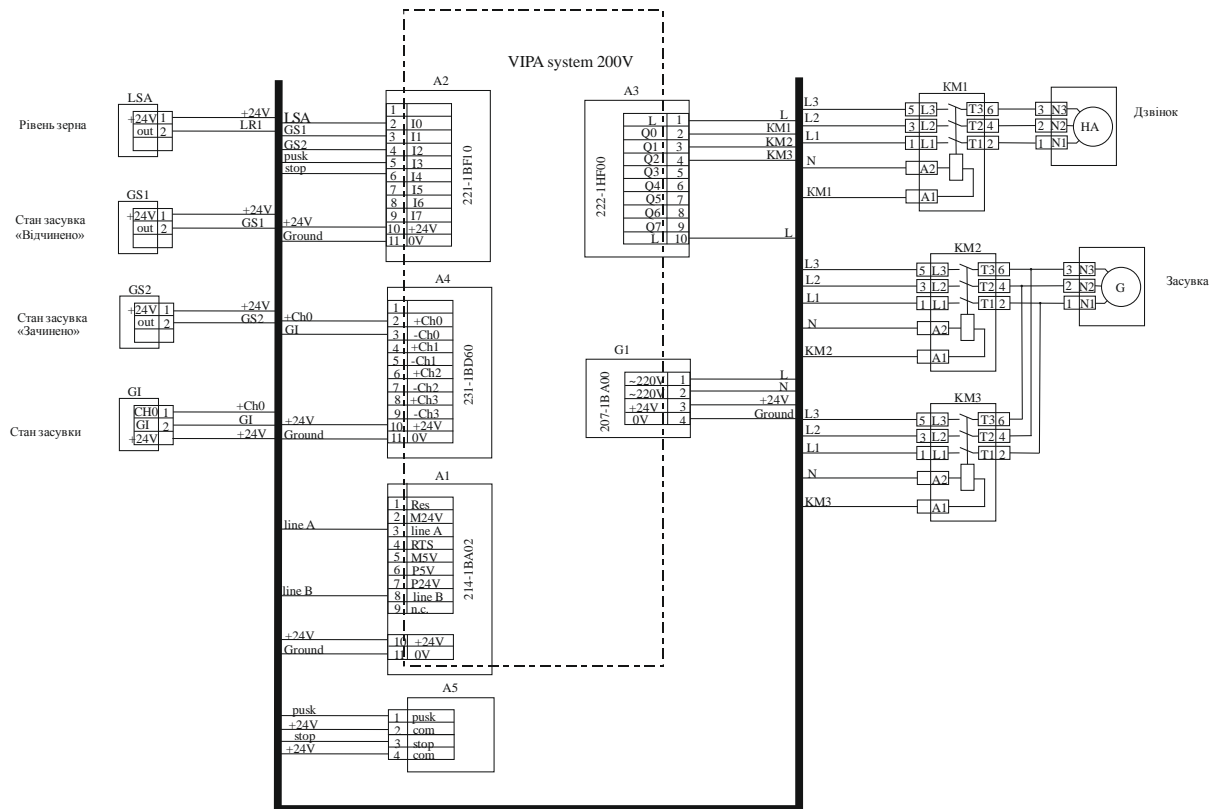


Рисунок 2.15 – Схема електрична принципова

На схемі показані електричні з'єднань між обраними апаратними засобами контролера VIPA System 200V, а також підключення технологічних датчиків і виконавчих пристроїв до модулів вводу-виводу.

Розробка електричних ланцюгів здійснюється на основі технічної документації на вище перераховані технічні засоби автоматизації з дотриманням відповідності з функціональною схемою системи.

Розробка схеми електричної принципової зводиться:

- до підключення силового обладнання (електроприводи) до трифазної мережі через контактори;
- до підключення ланцюгів керування (від виходів контролера до пускової апаратури);
- до підключення технологічних датчиків до відповідних входів контролера;
- до підключення живлення окремо до всіх модулів контролера та до всіх технологічних датчиків, живлення складових частин контролера і

технологічних датчиків гальванічно розв'язані і здійснюється від двох незалежних джерел живлення.

Всі модулі VIPA 200V з'єднані між собою внутриконтролерною магістраллю.

Локальний контролер зерносушарки підключається до модуля центрального процесора CPU214 (214-1BA02) через локальну лінію зв'язку RS-485 (L).

Керування електродвигунами виконавчих механізмів здійснюється за допомогою контакторів шляхом комутації ланцюга живлення катушки керування 380В.

Автоматичний вимикач забезпечує відключення обладнання при перевантаженнях і короткому замиканні в ланцюгах підключення.

2.5.Висновки по розділу

Відповідно до вимог системи автоматизованого керування переміщенням зерна через сепаратор КБС розроблено структурну схему, обрано апаратне забезпечення, розроблено технічну документацію з наступними документами – схема функціональна автоматизації, схема електрична принципова, перелік елементів.

Базою системи автоматизованого керування обрано сучасний промисловий контролер VIPA System 200V (Німеччина).

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків системи керування

Відповідно до вимог система повинна забезпечувати керування об'єктом і, отже, включати підсистему керування технологічним обладнанням. Ця підсистема складається з пристроїв збору інформації (датчики), системи контролю стану обладнання, програма керування реалізує формування керуючого впливу, противарійного захисту.

Крім того система повинна забезпечувати візуалізацію і контроль, за технологічним процесом, тому вона повинна включати підсистему інформаційного забезпечення роботи оператора. Ця підсистема складається з реєстрації параметрів процесів, людино-машинного інтерфейсу і сигналізації досягнення параметрами заданих значень.

Так само системою повинно забезпечуватися архівування технологічних процесів, тому в ній має бути присутня підсистема ведення архівів параметрів і подій, що включає базу даних та резервне сховище.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 3.1. Дана структура забезпечує збір інформації про технологічний процес, її реєстрацію, візуалізацію, збереження в базі даних і створення резервних копій. Крім того дана структура забезпечує контроль за обладнанням і сигналізацію.

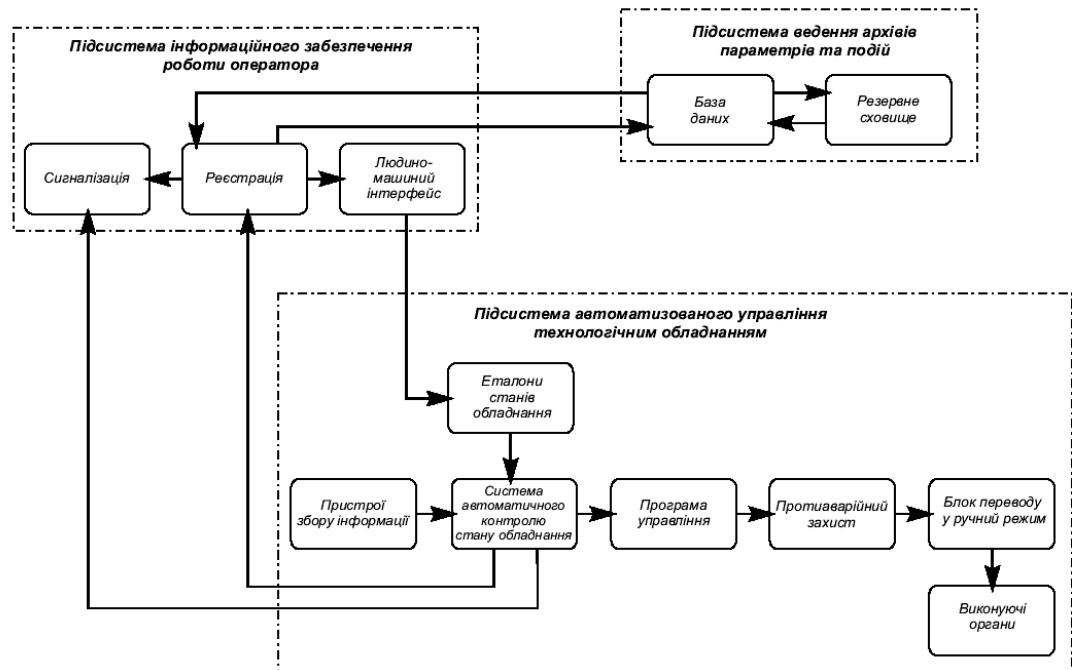


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, відповідно до вимог, підсистема автоматизованого керування технологічним обладнанням є апаратно програмним комплексом який включає датчики, пристрій керування, в якості якого виступає програмований логічний контролер і виконавчі механізми.

Підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора являє собою апаратно програмний комплекс на базі персонального комп'ютера з операційною системою сімейства Microsoft Windows і SCADA системою zenon виконує функції пульта оператора. Підсистема ведення архівів параметрів і подій є окремі програмні модулі SCADA системи zenon.

Зв'язок між перерахованими апаратними комплексами відповідно до вимог забезпечується за допомогою загальної мережі підприємства, а між програмним забезпеченням за допомогою стандартних протоколів.

3.2. Обробка результатів експерименту з ідентифікації моделі об'єкта керування

У промисловості найбільш поширеним способом отримання математичної моделі є ідентифікація об'єкта керування. Ідентифікація - це

процес побудови математичної моделі об'єкта керування, заснований на обробці спостережуваних вхідних і вихідних сигналів. Сепаратор це складний об'єкт. Для отримання математичної моделі об'єкту виконано аналіз літературних джерел з метою вивчення досвіду ідентифікації процесу очищення зерна на заготівельних підприємствах. Передавальна характеристика сепаратора по каналу подача / витрата зерна ($Q_{оп}$) на вході – ступень очищення / чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході отримана [4, 7, 8] після ідентифікації процесу очищення зерна у повітряно-решітчастому сепараторі. Отриману передавальну характеристику представлено у вигляді аперіодичної ланки першого порядку:

$$\frac{K_{q\psi} e^{-\tau_0 p}}{T_1 p + 1}, \quad (3.1)$$

де, $T_1=40$ сек.; $K_{q\psi}=1.0369-0.0576Q_{он}$, $\tau_0=30$ сек.

Модель об'єкта керування у математичному пакеті MATLAB має вигляд (рис. 3.2) :

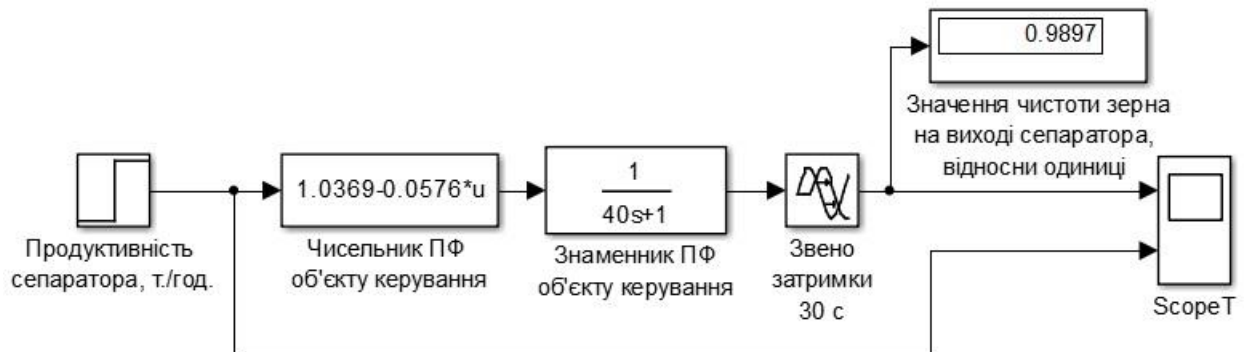


Рисунок 3.2 – Безперервна модель сепаратора по каналу подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході

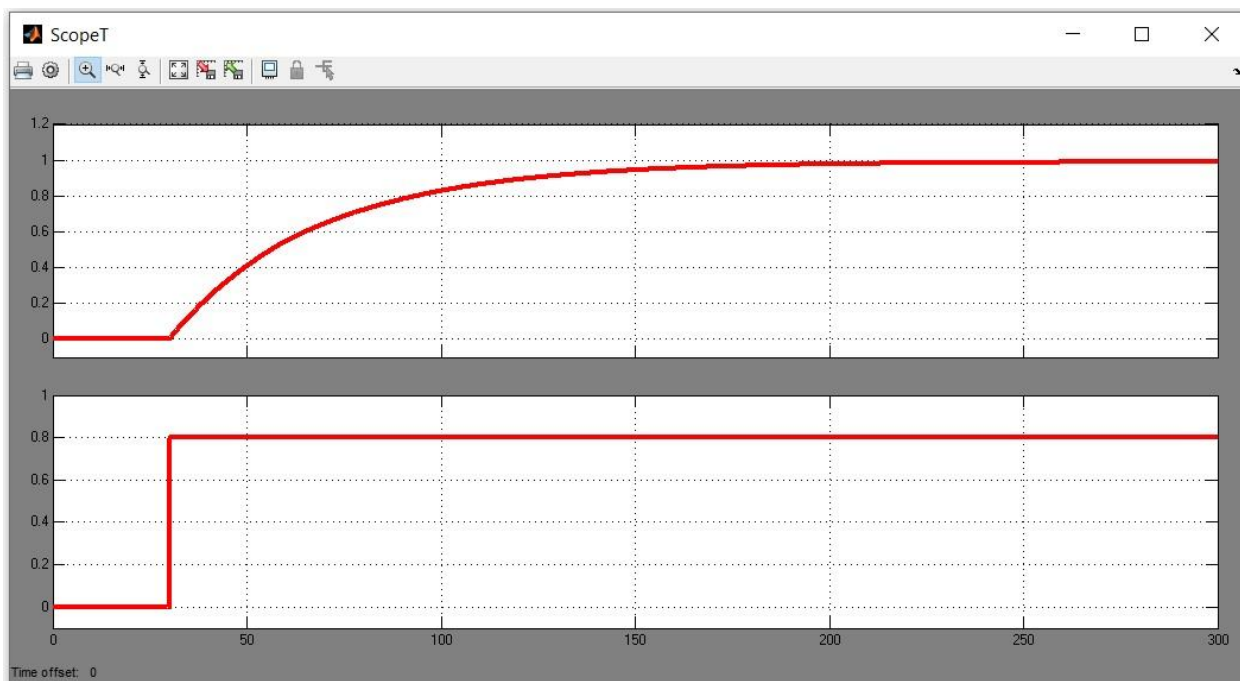


Рисунок 3.3 – Результат моделювання сепаратора по каналу подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході.

Результатом моделювання об'єкту керування (рис. 3.3) по каналу подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході є підтвердження аперіодичного характеру вихідної характеристики.

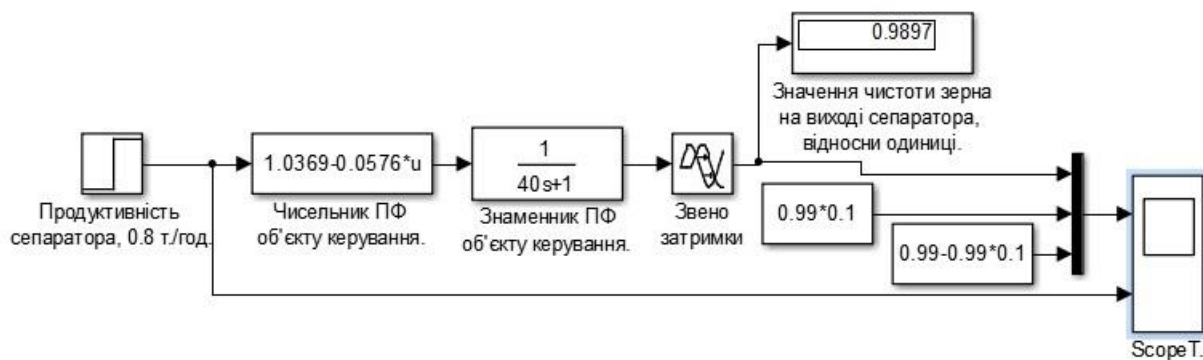


Рисунок 3.4 – Реалізація моделі об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

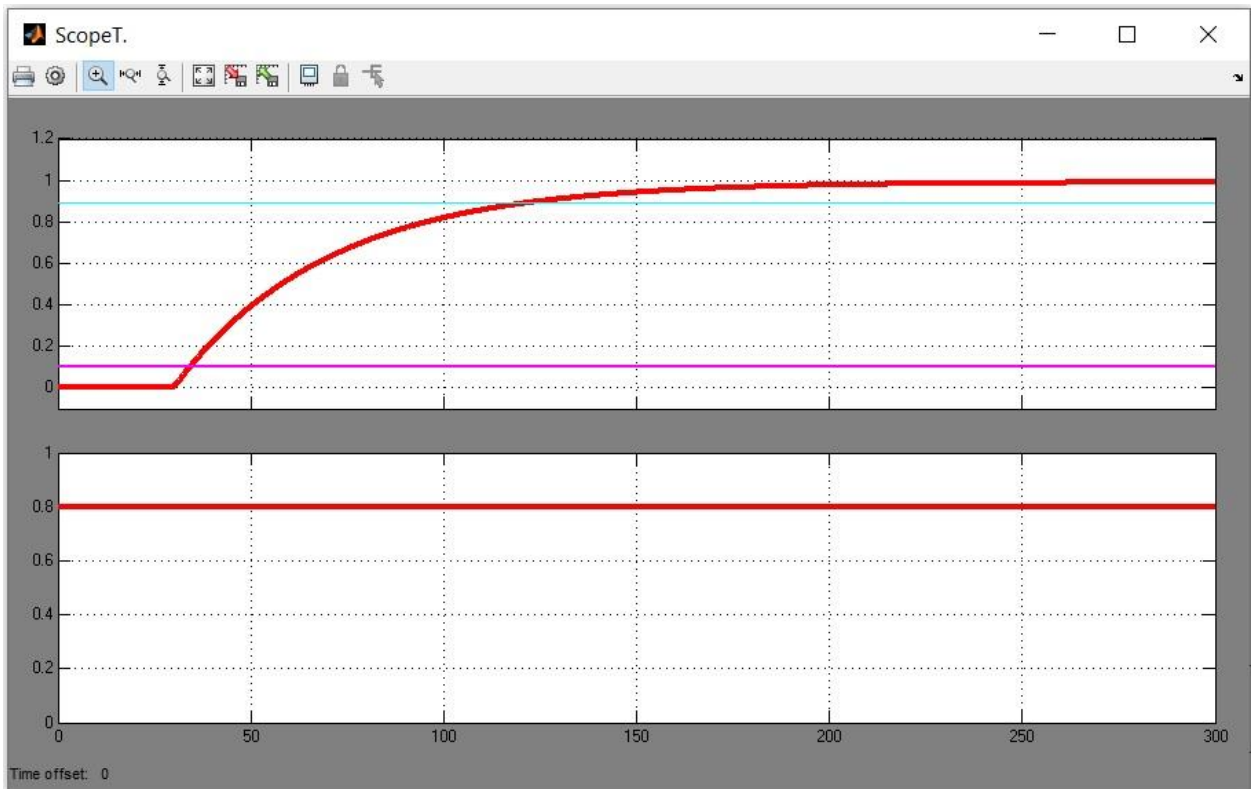


Рисунок 3.5 – Графік об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

Таким чином після виконання експерименту проведеного дослідження отримано динамічну характеристика сепаратора по каналу подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході, а також отримані перевіірочні дані.

Графічним методом за допомогою рисунка 3.5 встановлюється параметри об'єкту керування час наростання, та час встановлення, перерегулювання. Час наростання це інтервал часу на протязі якого вихідна змінна зростає від 10% до 90% від встановленого значення. Згідно рис. 3.5. час наростання дорівнює приблизно 85 с. Час встановлення с заданою похибкою – час по завершенню якого похибка регулювання не перевищує заданого значення. Для похибки (10%) згідно рисунка 3.5 час встановлення складає приблизно 125 с. Перерегулювання – перевищення першого викиду над сталим значенням змінної. Згідно рис. 3.5. перерегулювання відсутнє.

3.3. Розробка цифрової моделі об'єкту керування

Розробка цифрової моделі необхідна для імітаційного моделювання роботи автоматизованої системи керування. Необхідно розробити програмне забезпечення системи керування та людино-машинний інтерфейс для SCADA системи zenon Supervisor 7.10. Програмне забезпечення розроблено таким чином, що в якості об'єкта керування використовується програмна цифрова модель.

Для перетворення моделі математичного пакету MATLAB до тексту програми необхідно, щоб усі елементи моделі були цифрові. Таким чином, спочатку виконаємо заміну усіх неперервних елементів моделі системи керування на цифрові. Після чого перетворимо цифрову модель на програмний код для програмного модуля.

Результатом виконання розділу синтезу системи керування є неперервна модель об'єкту керування, яка задовольняє сформульованим критеріям якості. Ця модель представлена на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Неперервна модель сепаратора

Для перетворення елементів моделі системи керування в цифрову форму необхідно визначитися з часом дискретизації для реалізації регулятора / пристрою керування системи. Час дискретизації повинен бути як мінімум в 10 разів менше найбільшої постійної часу об'єкта керування:

$$cycle = T_{max}/10,$$

де T_{max} - найбільша постійна часу об'єкта керування.

Крім того воно повинно бути більше ніж:

$$cycle = T_{max}/200$$

У зв'язку з тим, що стандартний цикл програмованого логічного контролера становить 100 мс, то значення часу дискретизації вибирається рівним 100 мс, що в математичному пакеті MATLAB відповідає значенню "Sample time" 0.1 с.

Виконаємо перетворення всіх елементів моделі системи керування на цифрові у середовищі MatlabR2013b. Для об'єкта керування розділимо один об'єкт другого порядку на два об'єкту першого порядку. Для цього знайдемо коріння рівняння:

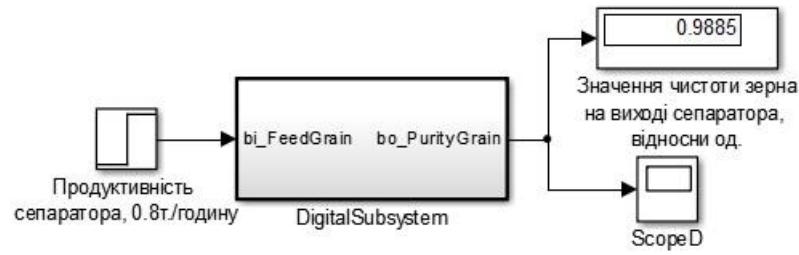
Перетворення передавальної функції в цифрову форму

```
>> tfz = c2d(tf([1], [40 1]), 0.1);
b = [tfz.num{1}(2)];
a = [1, tfz.den{1}(2)];
fprintf('b0 = %0.14f, a0 = %0.14f\n\n', b(1), a(2));
b0 = 0.002497, a0 = 0.9975
```

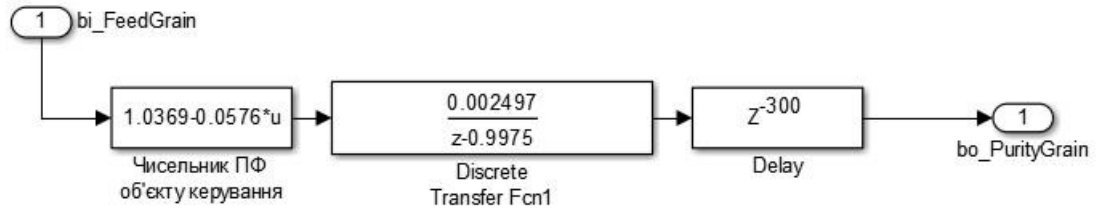
Ланка чистого запізнення

```
>> tfz = c2d(tf([1], 'ioDelay', 30), 0.1);
delayLength = tfz.ioDelay;
fprintf('Delay length = %0.3f\n\n', delayLength);
Delay length = 300.0
```

Результатом заміни безперервних елементів моделі системи керування цифровими з відповідним чином розрахованими значеннями параметрами є цифрова модель системи керування на рис.3.7.



а. Загальний вигляд



б. Чисельний вигляд моделі

Рисунок 3.7 – Цифрова модель сепаратора по каналу подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході

3.4. Перевірка моделі на адекватність

Оцінка відповідності цифрової моделі системи керування безперервної моделі виконується за нормованим середньоквадратичним відхиленням.

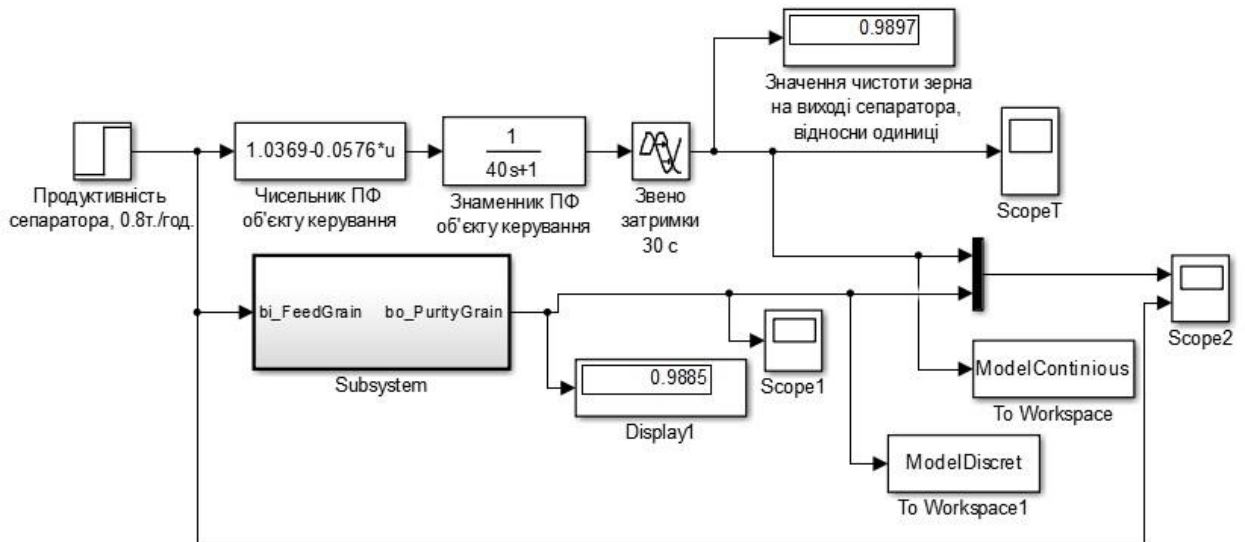


Рисунок 3.8 – Схема для порівняння безперервної та цифрової моделей сепаратора

Для оцінки на безперервну і цифрову модель подається уставка і реєструються їх дійсні значення з період відповідним часу дискретизації цифрової моделі. Розбіжність має становити менше 20%.

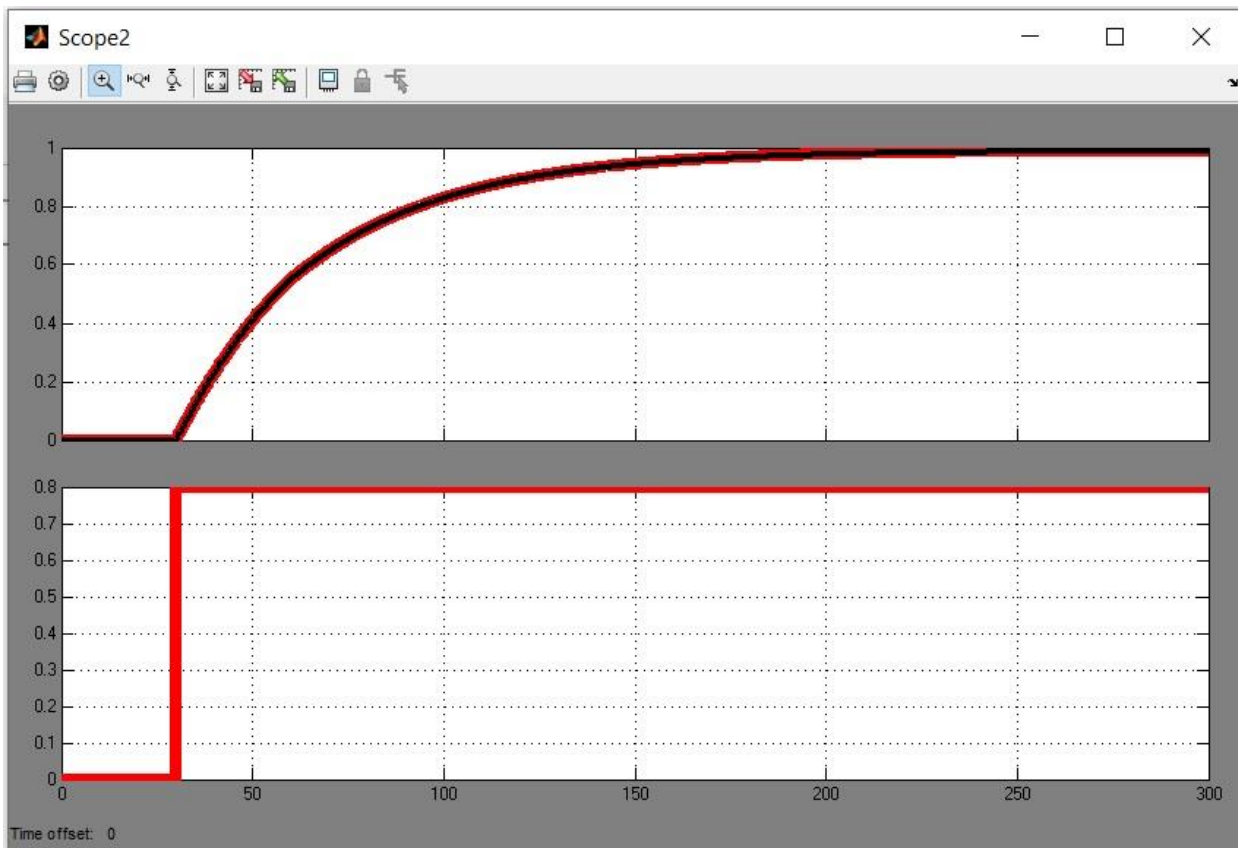


Рисунок 3.9 – Графік порівняння цифрової та безперервної моделі

Оцінка результатів порівняння безперервної та цифрової моделей виконано за допомогою метода нормованого середньоквадратичного відхилення.

```
>> goodnessOfFit(ModelDiscret,ModelContinious,'NRMSE')*100
```

```
ans =
```

```
99.7366
```

Моделі збігаються на 99,74 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

За допомогою стандартного засобу математичного пакету MATLAB блок підсистеми який відповідає моделі об'єкту може бути перетворений до програмних модулів на мові стандарту МЕК 61131-3 "Structured text". На базі отриманих модулів надалі може буде розроблено програмне забезпечення для SCADA системи zenon.

3.5. Висновки по розділу

Для керування сепаратором КБС по каналу подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\Psi_{ок}$) на виході передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку першого порядку з запізненням 30 секунд. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 85 с., час встановлення складає приблизно 125 с., перерегулювання відсутнє.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель об'єкта керування. За допомогою метода нормованого середньоквадратичного відхилення розрахована адекватність отриманої цифрової моделі, що складає 99.74 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

4 ЕКОНОМІКА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизації процесу керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси та приймати безліч інших рішень.

У даному розділі кваліфікаційної роботи виконано економічне обґрунтування доцільності використання системи автоматизації процесу керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС.

Автоматизована система забезпечує:

- збільшення ефективності транспортуванням зерна через сепаратор КБС;
- спостереження за процесом керування за допомогою людино-машинного інтерфейсу;
- збереження отриманих даних.

Для визначення економічної ефективності впровадження даної системи проведено розрахунки річних витрат та прибутку.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування процесом транспортування зерна через сепаратор КБС. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати (грн.);

C_{OB} – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

D_{TP} – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

M_{MH} – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.),

K_{PZ} – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість основного та допоміжного обладнання

№ п/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Одиниці виміру	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн.
1	Модуль центрального процесору 214-1BA02	од.	1	13 774	13 774
2	Модуль дискретного виводу SM 222-1HF00	од.	1	4 122	4 122
3	Модуль дискретного вводу SM 221-1BF10	од.	1	2 430	2 430
4	Модуль аналогового вводу SM 231-1BD60	од.	1	9 927	9 927
5	Модуль живлення PS 207-1BA00	од.	1	3 503	3 503
6	Кабель КПВВ-ВП 4x2x0.51	м	10	15	150
7	Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу	од.	1	56 500	56 500
8	Програмне забезпечення ПЛК	од.	1	49 900	49 900
9	SCADA система zenop	од.	1	81 886	81 886
Разом					222 192

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{TP} = C_{OB} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 222\,192 \cdot 0,08 = 17\,775 \text{ (грн.)}.$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{MH} = C_{OB} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 87092 \cdot 0,07 = 6\,096,44 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{OT} + t_g. \quad (4.4)$$

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);

t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);

t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);

t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);

t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);

t_{OT} – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);

t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;

q – кількість операторів у програмному забезпеченні ($q = 42$ виходячи з програмного забезпечення розробленого на мові Structured Text);

c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 42 \cdot 1,35 \cdot (1 + 0,1) = 62,37.$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 35$ (люд. – год.).

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста як:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \div 85) \cdot k'} \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,5$);

k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,2$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = \frac{62,37 \cdot 1,5}{80 \cdot 1,2} \approx 1 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \div 25) \cdot k} \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = \frac{62,73}{20 \cdot 1,2} \approx 3 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \div 25) \cdot k} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = \frac{62,73}{20 \cdot 1,2} \approx 3 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_n = \frac{Q}{(4 \div 5) \cdot k} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = \frac{62,73}{4 \cdot 1,2} \approx 13 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{дР} + t_{до} \quad (4.10)$$

де $t_{\text{ДР}}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{\text{ДО}}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{\text{ДР}} = \frac{Q}{(15 \div 20) \cdot k} \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДР}} = \frac{62,73}{15 \cdot 1,2} \approx 4 \text{ (люд. – год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 \cdot t_{\text{ДР}} \quad (4.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 \cdot 4 = 3 \text{ (люд. – год.)}.$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 4 + 3 = 7 \text{ (люд. – год.)}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 35 + 1 + 3 + 3 + 13 + 4 + 7 = 66 \text{ (люд. – год.)}.$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення визначається як:

$$K_{ПЗ} = Z_{ЗП} + Z_{МІ}, \quad (4.13)$$

де $Z_{ЗП}$ – витрати на заробітну плату розробника програмного забезпечення;

$Z_{МІ}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{ЗП} = t \cdot C_{ПР}, \quad (4.14)$$

де $C_{ПР}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{ПР} = 85$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{ЗП} = 66 \cdot 85 = 5\,610 \text{ (грн.)}.$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$Z_{МІ} = t_n \cdot C_{МЧ}, \quad (4.15)$$

де $C_{МЧ}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{МЧ} = 9$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{МІ} = 13 \cdot 9 = 117 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{ПЗ} = 5610 + 117 = 5\,727 \text{ (грн.)}.$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.), B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$); F_p – місячний фонд робочого часу (приймаємо $F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = \frac{66}{1 \cdot 176} \approx 0,38 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = 222192 + 17775 + 6096,44 + 5727 \approx 251790,44 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{\text{РО}} + C_{ee} + C_{\text{ІНШ}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.); C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

$C_{\text{РО}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії, $C_{\text{ІНШ}}$ – інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації.

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації (%), T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{ПВ \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.), ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{ПКВ}$) (грв).

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%.$$

Сума амортизації для проектованої і базової системи становить:

$$C_{aП} = \frac{251790,44 \cdot 40}{100} = 100716,18 \text{ (грн.)},$$

$$C_{aБ} = \frac{230781,81 \cdot 40}{100} = 92312,72 \text{ (грн.)},$$

де $C_{aП}$ – річна амортизація основних фондів проектної системи (грн.);

$C_{aБ}$ – річна амортизація основних фондів базової системи (грн.).

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{НР} = (T_K - T_{ВС} - T_B) \cdot T_3, \quad (4.20)$$

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

T_K – календарний фонд робочого часу ($T_K = 365$ днів), T_{BC} – вихідні дні та свята ($T_{BC} = 114$ (днів)), T_B – відпустка ($T_B = 21$ день);

T_3 – тривалість зміни ($T_3 = 8$ год.).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{НР} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1840 \text{ (год.)}.$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу, 2 технологи та 1 спеціаліст з електроустаткування.

Після впровадження проектованої системи керування штат персоналу не зміниться, отже заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чел	Година тарифна ставка, грн./год	річний фонд робочого часу	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор людино-машинний інтерфейс	2	30	1 840	66 500	5 520	4 655	153 350
2	Інженер	2	28	1 840	105 100	10 310	7 357	122 767
3	Наладчик електроустаткування	1	32	1 840	74 880	7 488	5241,6	87 610,6
Разом								363 727,6

$$C_{ЗП} = C_{ЗБ} = 363727,6 \text{ (грн.)},$$

де $C_{ЗП}$ – заробітна плата персоналу проектної системи керування (грн.);

$C_{ЗБ}$ – заробітна плата персоналу базової системи керування (грн.).

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3. \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 \cdot 363\,727,6 = 80\,019,94 \text{ (грн.)}.$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB}. \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{POП} = 0,05 \cdot 251\,790,44 = 12\,589,52 \text{ (грн.)},$$

$$C_{POБ} = 0,05 \cdot 230\,781,81 = 11\,539,09 \text{ (грн.)},$$

де $C_{POП}$ – витрати на технічне обслуговування проектної системи керування (грн.);

$C_{POБ}$ – витрати на технічне обслуговування базової системи керування (грн.).

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{РД} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,4$ кВт · год.);

$K_{РД}$ – кількість робочих днів у році ($K_{РД} = 251$ день);

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн.-кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,712$ грн.).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{eeП} = 0,4 \cdot 251 \cdot 8 \cdot 2,712 = 2\,178,27 \text{ (грн.)},$$

$$C_{eeБ} = 0,5 \cdot 251 \cdot 8 \cdot 2,712 = 1\,967,84 \text{ (грн.)},$$

де $C_{eeП}$ – вартість електроенергії споживаної проектною системою керування (грн.); $C_{eeБ}$ – вартість електроенергії споживаної базовою системою керування (грн.).

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{інш} = 0,04 \cdot C_з. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{іншП} = C_{іншБ} = 0,04 \cdot 222\,192 = 8\,887,68 \text{ (грн.)}.$$

де $C_{іншП}$ – інші витрати проектної системи керування (грн.);

$C_{іншБ}$ – інші витрати базової системи керування (грн.).

Річні експлуатаційні витрати становлять (5.17), (табл. 4.1):

$$C_П = 100\,716,18 + 363\,727,6 + 80\,019,94 + 12\,589,52 + 2\,178,27 \\ + 8\,887,68 = 568\,119,19 \text{ (грн.)},$$

$$C_Б = 92\,312,72 + 363\,727,6 + 80\,019,94 + 11\,539,09 + 1\,967,84 + 8\,887,68 \\ = 558\,454,87 \text{ (грн.)},$$

де $C_П$ – річні експлуатаційні витрати проектної системи керування (грн.);

$C_Б$ – річні експлуатаційні витрати базової системи керування (грн.).

Таблиця 4.1 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Базовий варіант, грн.	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	92 312,72	100 716,18
2	Фонд заробітної плати	363 727,6	363 727,6

3	Відрахування на соціальні виплати	80 019,94	80 019,94
4	Ремонт та технічне обслуговування	12 589,52	11 539,09
5	Електроенергія	2 178,27	1 967,84
6	Інше	8 887,68	8 887,68
7	Загалом	558 454,87	568 119,19

Таким чином, економія експлуатаційних витрат становитиме:

$$\Delta C = C_{\Pi} - C_{Б} = 568\,119,19 - 558\,454,87 = 9\,664,32 \text{ (грн.)}$$

4.5 Оцінка економічної ефективності проекту

Основні показники економічної ефективності проєктованої системи керування:

– річний економічний ефект:

$$E = \Delta\Pi - \Delta C - \Delta K \cdot E_{\Pi} > 0, \quad (4.25)$$

– економічна ефективність:

$$E_{Г} = \Delta\Pi - \Delta C, \quad (4.26)$$

– термін окупності розробки:

$$T_{OK} = \frac{\Delta K}{E_{Г}}, \quad (4.27)$$

$$E_{\Pi} = \frac{N_{KP} - N_{INF}}{100}, \quad (4.28)$$

де N_{KP} – річна відсоткова ставка (%); N_{INF} – річний рівень інфляції (%).

В якості нормативного значення прийнято величину банківської кредитної ставки ($N_{KP} = 18\%$) з урахуванням інфляції ($N_{INF} = 1,2\%$), таким чином:

$$E_{\Pi} = \frac{(18 - 1,2)}{100} = 0,168,$$

$$E = 22\,192 - 9\,664,32 - 0,168 \cdot 5\,427 = 11\,615,944 \text{ (грв)},$$

$$E_{\Gamma} = 22\,192 - 9\,664,32 = 12\,527,68 \text{ (грв)},$$

$$T_{\text{OK}} = \frac{5\,427}{12\,527,68} = 0,43 \text{ (року)}.$$

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривня капітальних витрат:

$$K_E = \frac{E_{\Gamma}}{\Delta K'} \quad (4.29)$$

де K_E – коефіцієнт ефективності капітальних витрат.

Таким чином, коефіцієнт становить:

$$K_E = \frac{12\,527,68}{5\,427} = 2,31.$$

Отже, при впровадженні системи керування 1 гривня капітальних витрат приносить 2,31 гривні прибутку.

Економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання проектної системи керування відображені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Економічні показники

Найменування показників	Од. вимірювання	Показники базового варіанту системи	Показники проектного варіанту системи
Капітальні витрати	грн.	230 781,81	251 790,44
Експлуатаційні витрати, всього	грн.	558 454,87	568 119,19
В тому числі: - амортизація	грн.	9 2312,72	100 716,18
- заробітна плата обслуговуючого персоналу	грн.	363 727,60	363 727,60
- відрахування на соціальні заходи	грн.	80 019,94	80 019,94
- технічне обслуговування та поточний ремонт системи керування	грн.	11 539,09	12 589,52
- вартість споживаної електроенергії	грн.	1 967,84	2 178,27
- інші витрати	грн.	8 887,68	8 887,68
Додатковий прибуток	грн.	-	11 615,94
Коефіцієнт ефективності			2,31

Термін капітальних вкладень	окупності	роки	-	0,43
--------------------------------	-----------	------	---	------

4.6 Висновки по розділу

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 252 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 569 тис грн. Очікується швидкий термін окупності 0,43 року.

Виходячи з отриманих результатів, та звертаючи увагу на досить великий коефіцієнт ефективності, що дорівнює 2,31 можливо зробити висновок, що впровадження автоматизованої системи керування є економічно вигідно.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного процесу, об'єкту, системи

Сам процес сепарації, як відомо, виконує віддільні роботи, в залежності від вихідної сировини. Таким чином, ясно, що магнітний сепаратор відокремлює фракцію від залізовмісних частин з рахунок магнітних пластин, які можуть випромінювати електромагнітні хвилі. Дане обладнання здатне виконувати відділення навіть таких дрібних частинок заліза, розмір яких може бути від 0,01 і досягати 50 мм, тому шум при віддільних роботах може досягати більше ніж допустиме значення. Весь процес обробки відбувається практично за допомогою одного найголовнішого елемента всієї установки. Даним елементом є спеціальний барабанний пристрій, який виконується з нержавійки [19]. У всіх відцентрових сепараторах барабан обертається з дуже високою швидкістю, звичайно 100 і 150 об/с. Таким чином розвивається дуже велика відцентрована сила і тому існує можливість травматизму. Перелік основних небезпечних і шкідливих виробничих чинників, які зустрічаються на робочому місці, що розглядається, надано в табл. 5.1 [20, 21, 22].

Таблиця 5.1- Небезпечні і шкідливі виробничі чинники

Найменування чинників	Джерела виникнення	Характер дії на організм людини	Нормований параметр
Рухомі частини виробничого обладнання	Барабан, що обертається	Джерело травматизму	ДСТУ 7234:2011

Найменування чинників	Джерела виникнення	Характер дії на організм людини	Нормований параметр
Підвищений шум	Віддільні роботи Рівень звуку $L_p=95$ дБ	Зміни в серцево-судинній системі повільно прогресуюче зниження слуху. Погіршує точність виконання робочих операцій, затрудняє прийом і сприйняття інформації, мислення	ДНАОП 0.03-33.14-85
Можливість виникнення вибуху або пожежі	Джерело живлення (підвищена напруга електричного струму)	Травматизм, смерть	ДСТУ Б В.1.1-36:2016 НАПБ А.01.001-2014
Підвищена напруженість магнітного поля	Магнітні пластини $E = 8$ кА/м	В умовах тривалого багаторічного впливу в результаті накопичення, можливий розвиток віддалених наслідків, включаючи дегенеративні процеси центральної нервової системи, рак крові (лейкози), пухлини мозку, гормональні захворювання	“Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 – 2001”

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

До роботи на сепараторі допускаються особи, не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд і навчання за спеціальною програмою і посвідчення, що мають, про привласнення їм кваліфікації. Оператор зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яка дозволена адміністрацією. Без

дозволу і інструктажу виконувати роботу, що не входить в його обов'язки забороняється. Під час роботи бути уважним, не займатися сторонніми справами, не відволікати увагу інших працівників [19].

Персоналу не дозволяється знаходитися в зоні магнітного сепаратора. Персонал, обслуговуючий цей пост, повинен знаходитися на майданчику обслуговування за спеціальним щитом, не стикаючись із барабаном, що рухається. Біля сепаратора має бути вивішений застережливий знак: "Обережно, сильне магнітне поле". При експлуатації магнітних сепараторів забороняється підносити до магнітної системи залізні предмети. Машина має бути заземлена і підключена до загального контуру заземлення. Сигналом початку роботи устаткування є встановлений звуковий сигнал; персонал, що знаходиться поблизу сепаратора, зобов'язаний відійти і зайняти своє робоче місце.

Сепаратор повинен експлуатуватися в закритих приміщеннях, оснащених припливно-витяжною вентиляцією. Допустимі норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в зоні управління і обслуговування сепаратора при категорії робіт Па в холодний і теплий періоди року мають бути: температура - від 15 до 27°C, відносна вологість 40-60% швидкість руху повітря - 0,3 м/с. Робоче місце оператора і зона обслуговування повинні мати освітленість не менше 150 лк відповідно ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

У усіх відцентрових сепараторах барабан обертається з дуже високою швидкістю, зазвичай 100 і 150 об./с. Таким чином розвиваються дуже великі відцентрові сили і тому необхідно строго дотримуватися вказівок, даних в інструкції по обслуговуванню, що стосуються складання, пуску, зупинки і ремонту. У зв'язку з цим зокрема не потрібно забувати [19]:

- затягнути стопорне кільце (стопорні кільця) барабана,
- закріпити ретельно станину, а також деталі впускання і випуску,
- перевірити число оборотів,

- що жодна деталь машини не має бути ослаблена, поки барабан обертається,
- що корпус барабана, ковпак барабана і стопорне кільце ніколи не повинні обігріватися полум'ям.

Під час роботи магнітного сепаратора забороняється: знімати руками метал із барабану, що рухається; очищати магніт сепаратора; очищати привід і вали барабанів від пилу і зайвих предметів, торкатися до електроустаткування, клем, електропроводів, арматури загального освітлення і відкривати двері електрошаф;

Електроустаткування за способом захисту людини повинне відповідати 01 класу електротехнічних виробів. При поразці людини електричним струмом вжити заходи по відключенню його від електричної мережі.

Після закінчення роботи усіх механізмів потрібне провести ретельне очищення електромагніту, двигуна, валів барабану від металу і інших сторонніх предметів.

При виконанні ремонту, чищення, мастила і для усунення несправностей магнітний сепаратор має бути вимкнений, запобіжники зняті і вивішені плакати: "Не вмикати, працюють люди". У журналі, що знаходиться на пульті управління, роблять запис про причини зупинки, початок і закінчення проведення ремонтних робіт [23].

Зниження рівня шуму досягається шляхом правильної технічної експлуатації електричного і механічного устаткування, своєчасного і якісного проведення профілактичних ремонтів, а також застосуванням звукопоглинаючих пристроїв. Для захисту робітника від прямої дії звукової енергії на шляхи поширення звукових хвиль встановлюють відбиваючі екрани. Звукопоглинаюче облицювання з волокнистих матеріалів дозволяють понизити рівень шуму в приміщеннях на 8-12 дБ. Також можна використовувати засоби індивідуального захисту від шуму - протишумові навушники, що закривають вушну раковину зовні; протишумові вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід або прилеглі до нього.

5.3 Пожежна профілактика

Успіх ліквідації пожежі залежить, передусім, від швидкості оповіщення про його початок. Тому фабрика обладнана пожежною сигналізацією. У автоматичній пожежній сигналізації використовують датчик "Алмаз", який призначений для виявлення полум'я, що витікаючого від вогнищ загорянь і супроводжується ультрафіолетовим (УФ) випромінюванням в діапазоні довжин хвиль від 220 до 280 нм.



Рисунок 5.1 - Сповіщувач пожежник полум'я точковий " Алмаз"

В якості первинних засобів пожежогасіння на збагачувальній фабриці використовують вогнегасники: газові вуглекислотні ВВК-1.4, ВВК-3.5, порошкові ВП-2. Газові вогнегасники призначені для гасіння невеликих вогнищ горіння речовин, горіння яких відбувається без доступу повітря. Порошкові вогнегасники призначені для гасіння невеликих вогнищ загоряння лужних металів та інших з'єднань.



Рисунок 5.2 – Вогнегасники а - ВВК-1.4, б – ВП-2

Основні протипожежні заходи:

1. кожен, хто працює на комбінаті зобов'язаний чітко знати і суворо виконувати встановлені вимоги пожежної безпеки;
2. стежити за справністю приладів опалення, вентиляції, електроустановок, технологічного обладнання;
3. проїзди і під'їзди до будівель, пожежних вододжерел, до пожежного інвентарю та обладнання повинні бути вільними;
4. Проходи, виходи, коридори, тамбури, сходи не захарашувати різними предметами та обладнанням;
5. зберігати на складі різні матеріали та вироби за ознаками однорідності гасять коштів (вода, піна, газ) і однорідності загоряння матеріалів;
6. перед кінцем зміни перевірити всі приміщення на пожежобезпечний стан, при догляді відключити електромережу;
7. куріння на виробництві здійснюється тільки в спеціально відведених місцях, обладнаних урнами для недопалків і ємностями з водою;
8. не використовувати пожежний інвентар та обладнання для господарських, виробничих потреб, не пов'язаних з пожежогасінням.

5.4 Заходи з ергономіки

Рішення проблеми безпеки життєдіяльності полягає у забезпеченні нормальних (комфортних) умов діяльності людей, в захисті людини і виробничого середовища від впливу шкідливих факторів, що перевищують нормативно-допустимі рівні [24-26]. Підтримка оптимальних умов діяльності і відпочинку людини створює передумови для високої працездатності і продуктивності. В даному розділі дипломного проекту розглядається наступне питання: визначення оптимальних умов праці інженера-програміста.

На рис. 5.3 показаний план робочого кабінету для інженера-програміста відповідно [26].

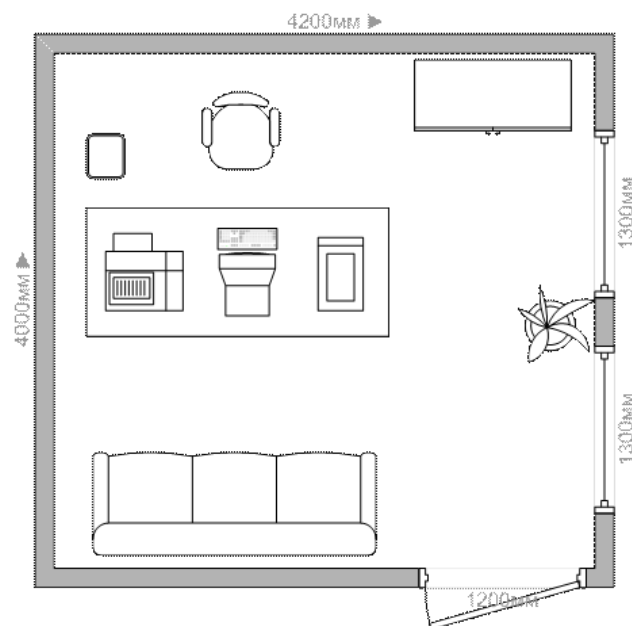


Рисунок 5.3 - План робочого кабінету для інженера-програміста

Вимоги, які пред'являються до робочого місця наступні:

1. Проектування робочих місць, які забезпечені відеотерміналами, відноситься до числа важливих проблем ергономічного проектування в області обчислювальної техніки [27].

2. Робоче місце, розташування всіх його елементів відносно один одного повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним

вимогам. Велике значення має характер роботи. Наприклад, при організації робочого місця інженера-програміста повинні дотримуватися такі умови: оптимальне розміщення устаткування, яке входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати необхідні рухи і переміщення.

3. Ергономічними аспектами проектування відеотермінальних робочих місць [27, 28, 29], зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до розташування документів на робочому місці (наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрану, документа, клавіатури і т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого столу, можливість регулювання елементів робочого місця.

4. Головними елементами робочого місця інженера-програміста є стіл і крісло. Положення сидячи є основним робочим становищем.

5. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення інженера-програміста. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Оптимальне розміщення предметів праці в зонах досяжності [26]:

- дисплей розміщується в зоні (в центрі) 2;
- системний блок розміщується в передбаченій ніші столу 4;
- клавіатура - в зоні 5;
- «Миша» - в зоні в справа - 6;
- сканер в зоні 1;
- принтер знаходиться в зоні 3.

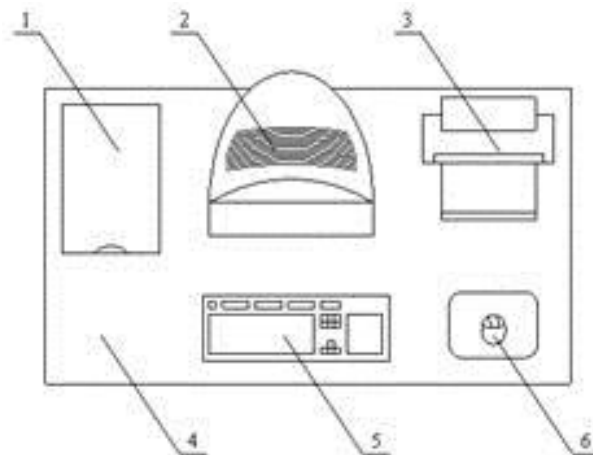


Рисунок 5.4 - Розміщення основних периферійних складових ПК

Робочий стілець інженера-програміста повинен бути забезпечений підйомно-поворотним механізмом. Висота сидіння повинна регулюватися в межах 400-500 мм. Глибина сидіння повинна складати не менше 380 мм, а ширина - не менше 400 мм. Висота спинки стільця не менше 300 мм, ширина - не менше 380 мм. Кут нахилу спинки стільця до площини сидіння повинен змінюватися в межах 90-110 [26].

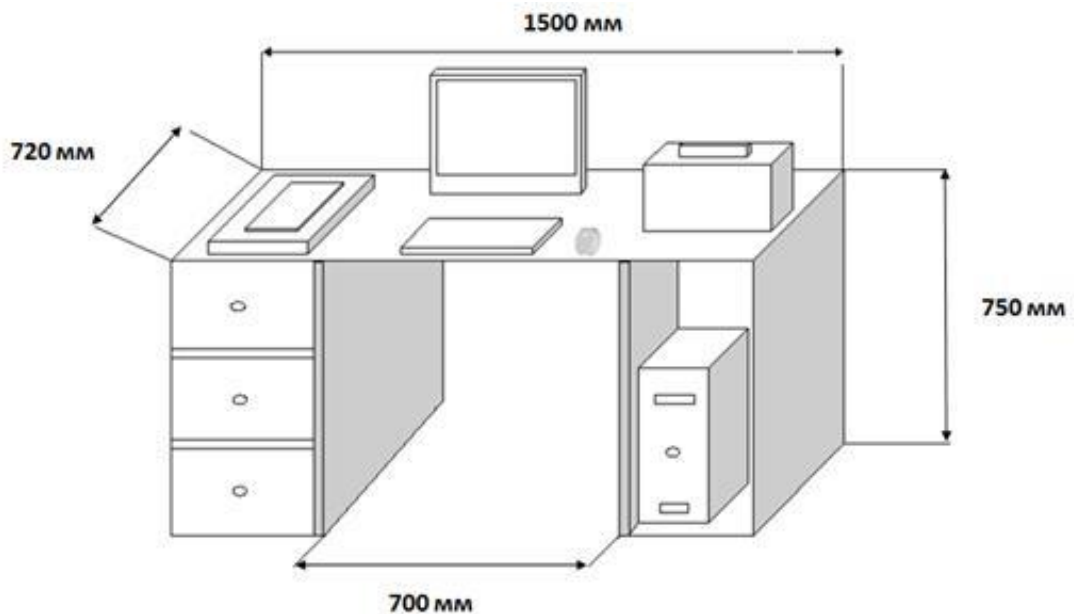


Рисунок 5.5 - Організація робочого місця

5.5 Висновки по розділу

У цьому розділі кваліфікаційної роботи детально розглянуті наступні питання:

- аналіз шкідливих та небезпечних факторів у системі автоматичного керування транспортуванням зерна через сепаратор;
- інженерно-технічні заходи з охорони праці;
- пожежна профілактика;
- заходи з ергономіки робочого місця.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи складено висновки:

Відповідно до вимог системи керування транспортування зерна через сепаратор розроблено структурну схему, обрано апаратне забезпечення, розроблено технічну документацію з наступними документами – схема функціональна автоматизації, схема електрична принципова, перелік елементів.

З аналізу літературних джерел встановлено, що для каналу керування сепаратором «Подача зерна ($Q_{оп}$) на вході – чистота зерна ($\psi_{ок}$) на виході» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку першого порядку з запізненням 30 секунд. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 85 с., час встановлення складає приблизно 125 с., перерегулювання відсутнє.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель об'єкта керування для реалізації програмного забезпечення промислового контролера системи керування транспортуванням зерна через сепаратор КБС. За допомогою метода нормованого середньо-квадратичного відхилення розрахована адекватність отриманої цифрової моделі, що складає 99,74 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

Розраховано, що при впровадженні розробленої системи капітальні витрати складуть 252 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 569 тис грн. Очікується швидкий термін окупності 0,43 року. Виходячи з отриманих результатів, та звертаючи увагу на досить великий коефіцієнт ефективності, що дорівнює 2,31 можливо зробити висновок, що впровадження автоматизованої системи керування є економічно вигідно.

У розділі охорона праці кваліфікаційної роботи детально розглянуті наступні питання:

- аналіз шкідливих та небезпечних факторів у системі автоматичного керування транспортуванням зерна через сепаратор;
- інженерно-технічні заходи з охорони праці;
- пожежна профілактика;
- заходи з ергономіки робочого місця.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Политехнический словарь/Редкол.: А.Ю. Ишлинский и др.– 3-е изд, перераб. и доп. – М.: Советская энциклопедия, 1989.–656 с.
2. Станкевич Г.М. Сушіння зерна / Г.М. Станкевич, Т.В. Страхова, В.І. Атаназевич. Підручник.–К.: Либідь, 1997.–352 с.
3. Осокіна Н.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва / Н.М. Осокіна, Г.С. Гайдай.– Умань.– 2005.
4. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок / [Станкевич Г.М., Шаповаленко О.І., Страхова Т.В., Петруня Б.М., Яковенко А.І., Остапчук М.В., Шашкін А.Б.] – Одеса-Київ : ДАК «Хліб України»,1997. – 72 с.
5. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2004. – [Чинний від 2004-05-28].– К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 16 с. – (Національний стандарт України)
6. Засувка шиберна з приводом ЗШ. – Режим доступа: <https://www.olis.com.ua/ukr/zadvizhka-shibernaja-s-privodom-zsh.html> – 01.06.2021 р.
7. Сепаратор КБС. – Режим доступа: <https://kmzindustries.ua/product/separatoryi> – 01.06.2021 р.
8. Комплексний барабанний сепаратор марки КБС. – Режим доступа: <http://vektor.org.ua/oborudovanie/dlya-ochistki-zernovyh-i-maslichnyh-kultur/86-kompleksnyj-barabannyj-separator-marki-kbs> – 01.06.2021 р.
9. Автоматизовані системи контролю та керування процесами зернопереробки на млинах / В. М. Горбенко, В. М. Денисенко, М. О. Рюмшин, В. Ю. Соболевський. – Київ : Техніка, 2005. – 188 с.
10. Боуманс, Г. Эффективная обработка и хранение зерна : пер. с англ. / Г. Боуманс. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 608 с.
11. Сигналізатор рівня сипучих матеріалів СУМ-1. – Режим доступа: [www.URL: https://electrokom.kiev.ua/product/signalizator-urovnya-sum-1-u2](https://electrokom.kiev.ua/product/signalizator-urovnya-sum-1-u2) – 01.06.2021 р.

12. Вимикач кінцевий ВК-200. – Режим доступа: <http://elektroservice.com.ua/upravlenie-indikaziya/60-2012-11-10-21-21-49/245--200-300.html> – 01.06.2021 р.
13. Контролер VIPA 200V. – Режим доступа: <https://vipa.com.ua/products/io-systems/200v.html> – 01.06.2021 р.
14. Хвелівіцкій Л.О. та ін. Основні принципи типізації в розробках АСУ ТП // Вопрс промислової кібернетики. Тр. ЦНДІКА. - М .: Енергія, 1979. - Вип. 58. - С. 8 -11.
15. Блек Ю. Мережі ЕОМ: протоколи, стандарти, інтерфейси. - М .: Світ, 1990. -510 с
16. Алексейчук А.А., Грепенюк Е.А., Іцкович Е.Л. Сучасні АСУП: їх вибір для конкретних підприємств // Промислові АСУ та контроллери.- 2003. - №6.
17. Іцкович Е.Л. Вибір пакета візуалізації вимірювальної інформації (SCADA - програми для конкретної системи автоматизації виробництва) // Прилади і системи управління. - 1996. - №10.
18. Різьбярів А.Ф. і ін. Моделі і алгоритми постановки задач розробки АСУ промисловими об'єктами // Пісу. - 2006. - №9. - С. 64-67.
19. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
20. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
21. ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми параметрів Мікроклімату» - К.: МОЗ України, 2000.
22. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
23. ГОСТ 10512-93, Группа Г41, Межгосударственный стандарт. Сепараторы магнитные и электромагнитные.
24. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче.

Загальні вимоги дизайну та ергономіки.

25. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

26. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги

27. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.

28. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми.

Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

29. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче.
Загальні вимоги дизайну та ергономіки

**ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАХ І ПІДРОЗДІЛАХ
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**