

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Інститут електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний факультет  
(факультет)  
Кафедра автоматизації та приладобудування  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**

студента Войтенко Микита Олександрович  
(П.І.Б.)

академічної групи 151-17  
(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 зерносушарку ДСП32  
(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

автоматизації та

приладобудування

(повна назва)

Ткачов В.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавр**

студенту Войтенко М.О.

(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-17

(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 зерносушарку ДСП32,  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2020 № 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 безпеки 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** 19.04.2020

**Дата подання до екзаменаційної комісії** 08.06.2020

**Прийнято до виконання**

(підпис студента)

Войтенко М.О.

(прізвище, ініціали)



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 79 с., 20 мал., 12 табл., 1 додаток, 26 джерел.

Об'єкт дослідження: система автоматизованого керування процесом транспортування зерна через зерносушарку ДСП32.

Предмет дослідження: методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні температурою зерна у шахті зерносушарки при транспортуванні зерна.

Мета: підвищення якості процесу нагріву зерна у шахтній зерносушарці, шляхом розробки системи автоматизованого керування транспортуванням зерна на основі сучасних програмних засобів та мікропроцесорної техніки.

Основними методами дослідження використаними для досягнення поставленої мети були: аналіз літературних джерел, декомпозиційне планування процесу сушіння 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 300S 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 зерносушарку. Аналіз літературних джерел дозволів визначитися з передавальною характеристикою, значенням коефіцієнтів зерносушарки по каналу температура агенту сушіння ( $T_{ac}$ ) – температура зерна ( $T_z$ ). 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 другого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це 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 98.7 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування. Розроблено схему алгоритму роботи системи керування транспортуванням зерна через зерносушарку ДСП32, що містить чотири стані.

Подальшим напрямком розвитку роботи є використання отриманої моделі об'єкта керування для його дослідження з метою отримання нових закономірностей та розробки на їх підставі нових принципів та методів керування об'єктом які дозволять підвищити ефективність його функціонування.

Розраховано витрати на придбання та експлуатацію системи автоматизації.

Розглянуто комплекс питань щодо охорони праці на об'єкті автоматизації.

**СУШІННЯ ЗЕРНА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ШАХТНА ЗЕРНОСУШАРКА**



## ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Галузь промисловості	8
1.2 Технологічний процес	9
1.3. Загальна характеристика зерносушарки	12
1.4 Принцип функціонування зерносушарки	18
1.5. Висновки по розділу	20
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	21
2.1 Розробка структурної схеми системи керування транспортування зерна через зерносушарку ДСП32	21
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	23
2.2.1 Вибір датчиків	23
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	28
2.2.3 Вибір пристрою керування	31
2.2.4 Вибір пультів оператора	33
2.2.5 Вибір джерел живлення	34
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	35
2.4 Розробка схеми електричної принципової	37
2.5. Висновки по розділу	38
3 Визначення моделі об'єкту керування	39
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків системи керування	39
3.2 Обробка результатів експерименту з ідентифікації моделі об'єкта керування	41
3.3 Розробка цифрової моделі об'єкту керування	45
3.4 Перевірка моделі на адекватність	47
3.5. Розробка алгоритму функціонування системи керування	49
3.6. Висновки по розділу	51



4 Економічна частина	52
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизації процесу	52
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	52
4.3. Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	53
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	53
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту	56
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	57
4.4.1 Амортизація основних фондів	58
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	58
4.4.3. Відрахування на соціальні заходи	59
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	59
4.4.5 Витрати на електроенергію	60
4.4.6 Інші витрати	60
4.5 Визначення додаткового прибутку на впровадження системи керування	61
4.6 Оцінка економічної ефективності проекту	62
4.7 Висновки	63
5 Охорона праці	64
5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів	64
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	65
5.3 Пожежна профілактика	70
5.4 Висновки по розділу	71
Висновки	72
Перелік посилань	74
Додаток А	77



## ВСТУП

Процес сушіння зерна один з найбільш енергоємних і відповідальних з усього циклу зберігання і переробки зерна. Це пов'язано як з прямими збитками, зумовленими втратою якості зернових і неможливістю зберігання при невідповідній вологості, так і великими енергетичними затратами, що забезпечують процес сушіння. Розміри збитків, з цієї причини навіть на рівні окремих комбінатів хлібопродуктів сягає десятків тисяч гривень в сезон.

Хлібоприймальні пункти приймають від хлібосдатчиків 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 зерносховище.

Найбільш ефективним заходом, що попереджає псування зерна, є очищення його від смітної домішки і сушка. Сушінням зерна забезпечують також більш економне використання зерносховищ, так як сухе зерно укладають висотою, в два рази більшою, ніж вологе і особливо сире зерно.

Зерносушарки є складовою частиною технічної бази хлібоприймального пункту. Для подачі зерна в зерносушарку використовують різне поточно-транспортне обладнання: норії, конвеєри, живильники. Практика показує, що входячи до складу транспортно-технологічних ліній, норії стають «вузьким місцем» їх продуктивності. Крім того статистика свідчить що вони є джерелом приблизно 50% вибухів, викликаних порушеннями режимів роботи.

Порушення режимів роботи норій зводиться до двох основних видів їх перевантаження: перевантаження по масі зерна що транспортується і перевантаження за обсягом транспортованого зерна, коли навіть при істотній недовантаженні норії по масі, коефіцієнт заповнення ковшів гранично можливий.



При досягненні рівнем зерна в трубі 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, падіння в труби і первинного пило-повітряного вибуху.

У зв'язку з цим необхідно забезпечення навантаження норій і всього маршруту транспортування зерна, при якій здійснюється їх максимальна енергетична ефективність і гарантується відсутність виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з перевантаженням норії як за обсягом, так і по масі що транспортується зерна. Це вимагає розробки ефективних алгоритмів управління поточно-транспортної лінією елеватора.

Розроблена в дипломному проекті система автоматизованого управління процесом сушіння зерна на елеваторі на основі промислового контролера VIPA System 300S реалізує всі основні функціональні завдання з управління поточно-транспортної лінією елеватора.



## 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1 Галузь промисловості

На тлі постійного зростання врожайності зернових і олійних культур питання якості і розвиненості елеваторного господарства 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 сушка, так як більша частина заготовленої зерна надходить, як правило, з підвищеною вологістю і його збереження залежить від роботи 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 сьогоднішньому 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 зростає до 80-82 млн тонн

Складним залишається питання вартості послуг по сушці зерна в зв'язку з енергетичною кризою в країні. До 80% всіх українських елеваторів користуються природним газом для сушки і тільки менше 6% використовують альтернативні джерела палива.



Процеси сушіння та теплової обробки на зернопереробних підприємствах характеризуються значною енергоємністю. Велика частка фізично і морально застарілої малопродуктивної сушильної техніки, що призводить не тільки до перевитрати паливно-енергетичних ресурсів, а й відбивається на якості продукції, що випускається.

## **1.2 Технологічний процес**

Сушіння[1] – видалення вологи з різних матеріалів: твердих (напр., деревина, зерно), рідких (напр., молоко, кров), газоподібних (напр., повітря, топкові гази). Сушіння, 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 та залізничного транспорту, попереднє очищення, сушіння, первинне та друге очищення, сортування, транспортування зерна та відходів, зважування готової продукції, протруювання, тимчасове зберігання, вентилявання, довгострокове зберігання у силосах, у складах насипом або мішкотарі.

В Україні та у світі на заготівельних підприємствах поширене конвективне сушіння. При конвективному способі сушіння тепло передається зерну від сушильного агенту [2], а волога переміщується від зерна, що сушиться до сушильного агенту.

Зерносушарка у технології післязбиральної обробки зерна на заготівельному підприємстві розміщується, як показано на рисунку 1.1. Тут представлено дві прямоточні шахтні зерносушарки, розмішені поруч одна з другою для більшого зниження вологи за один прохід через технологічну лінію. Такий приклад часто можна зустріти на заготівельному підприємстві.



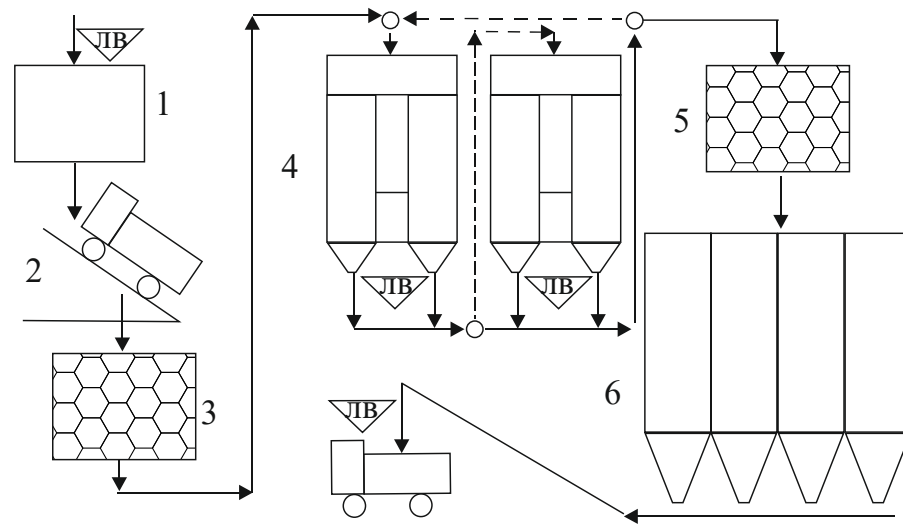


Рис. 1.1 – Схема післязбиральної обробки зерна на заготівельному підприємстві,

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 елеватору.

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 очищення, потім сушіння зерна, потім на зберігання у силосний корпус або склад зберігання зерна. Якщо якісні показники зерна, що надійшло відповідають умовам зберігання, то операції очищення та сушіння зерна пропускаються.

Обов'язковою умовою, яку слід виконувати при сушінні 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.



Технологічна схема сушіння зерна приведена на рисунку 1.1. В шахтних сушарках тепло підводиться до шару зерна, що повільно рухається під дією гравітаційних сил. Шахта зерна має зону нагріву та зону охолодження. Сушильний агент в зоні нагріву подається та відводиться по коробам. У зоні охолодження зерно охолоджується атмосферним повітрям. Сушильний агент та атмосферне повітря нагнітаються вентиляторами.

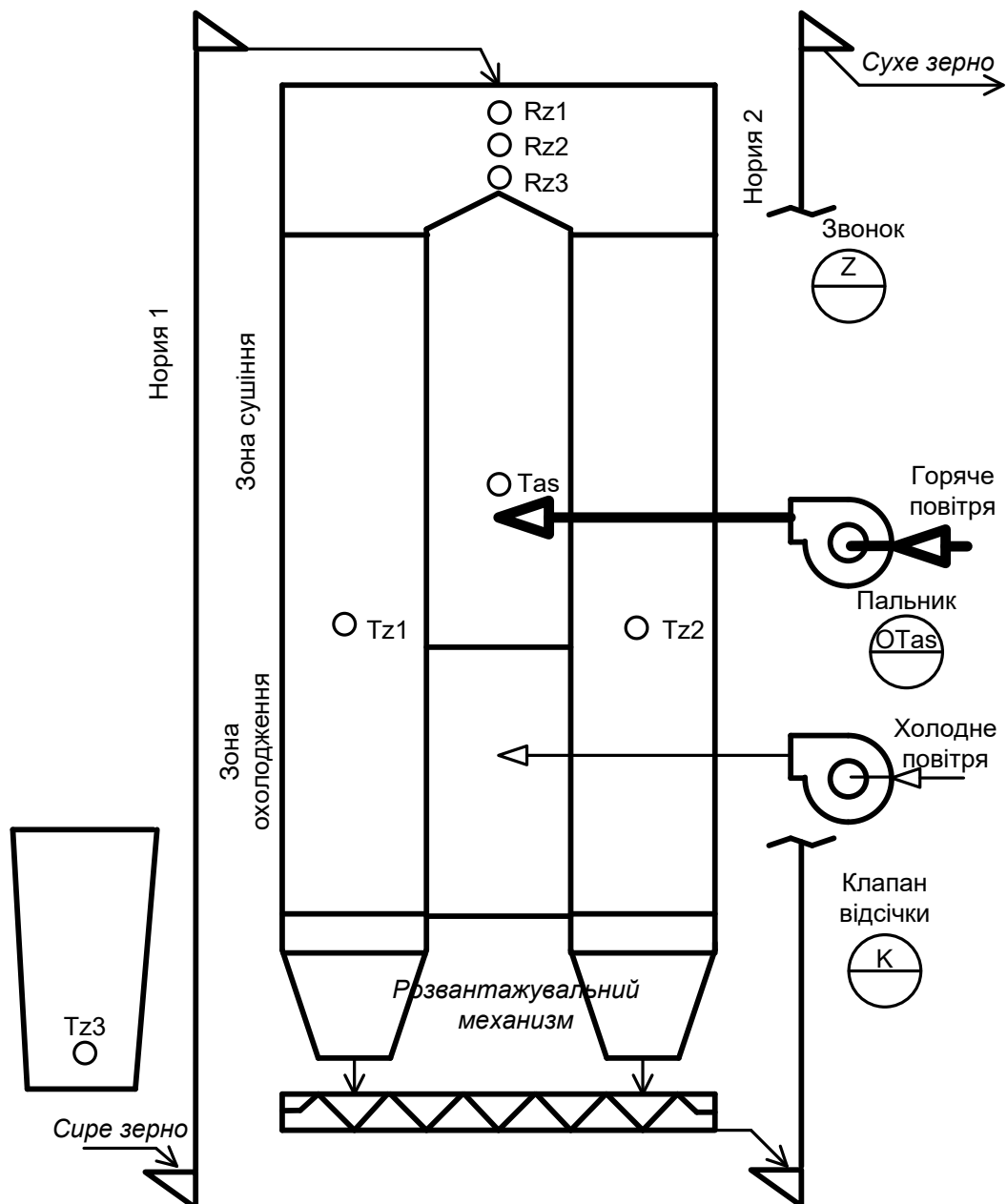


Рисунок 1.2 – Технологічна схема процесу сушіння

До конструктивних параметрів шахтних зерносушарок відносяться: кількість та форма коробів, кількість та геометричні розміри шахт,



товщина шару зерна що продувається, ємність бункерів над сушаркою, характеристики вентиляторів та транспортного обладнання, потужність електрообладнання. Параметрами, що оперативно контролюються та керуються є наступні: температура агенту сушіння, температура нагріву зерна, швидкість руху зерна у шахті, вологість зерна на вході та виході сушарки.

Сире зерно з бункера подається в норію 1, що подає зерно в бункер зерна у верхній частині сушарки. Для контролю рівня зерна у бункері розташовано три датчика рівня. Під дією гравітаційних сил зерно рухається до низу та продувається у зоні нагріву теплим повітрям – агентом сушіння що рухається перпендикулярно руху зерна. Нагрів повітря виконується у топці зерносушарки пальником топки, що виконує процес спалювання газу та нагріву повітря. У зерносушарці зерно висушується сумішшю топкових газів з повітрям. На виході зони нагріву шахт знаходяться датчики температури зерна. У зоні охолодження зерно продувається атмосферним повітрям. Розвантажувальний механізм задає швидкість руху зерна у зерносушарці. Висушене зерно з зерносушарки надходить на транспортер, норію 2 та прямує на склад готової продукції.

### **1.3 Загальна характеристика зерносушарки**

До складу зерносушарки елеватору входить наступне обладнання:

- норії;
- зерносушарка;
- пальник автоматичний МДГП;
- засувка гвинтова з електроприводом ЗПМ-300.

Скребковий конвеєр. Скребкові конвеєри застосовують для переміщення зерна та продуктів його переробки в горизонтальному і похилому напрямках. За конструктивними особливостями їх підрозділяють на конвеєри з відкритими і зануреними скребками. Більше поширені конвеєри з зануреними скребками, різної продуктивності і довжини.



Скребковий конвеєр складається з приводної і натяжної станцій, жолоба і тягового органу (ланцюга зі скребками) (рис.1.3).

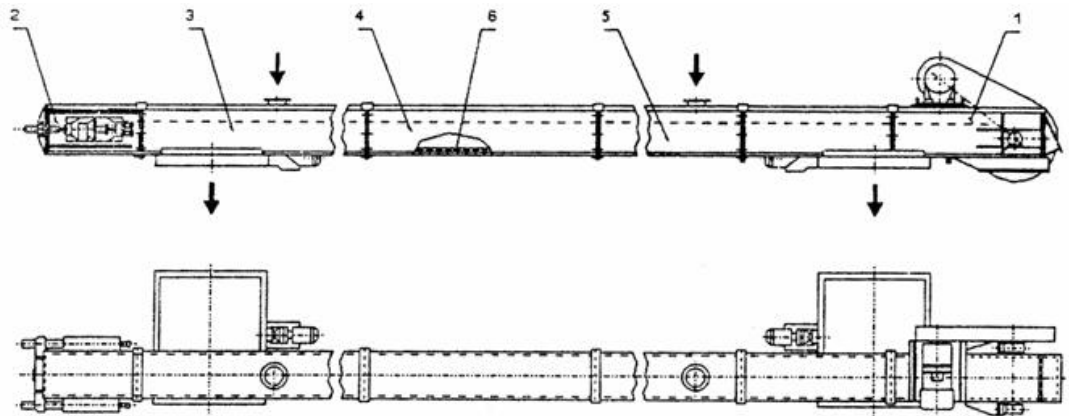


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд конвеєра з зануреними скребками, де 1-головка привідна; 2-головка натяжна; 3-секція з поперечним шиберним затвором; 4, 5 секції; 6-тяговий орган.

Норії. Норія складається з наступних основних вузлів: головки, черевика, стрічки з ковшами і труб (рис.1.4).

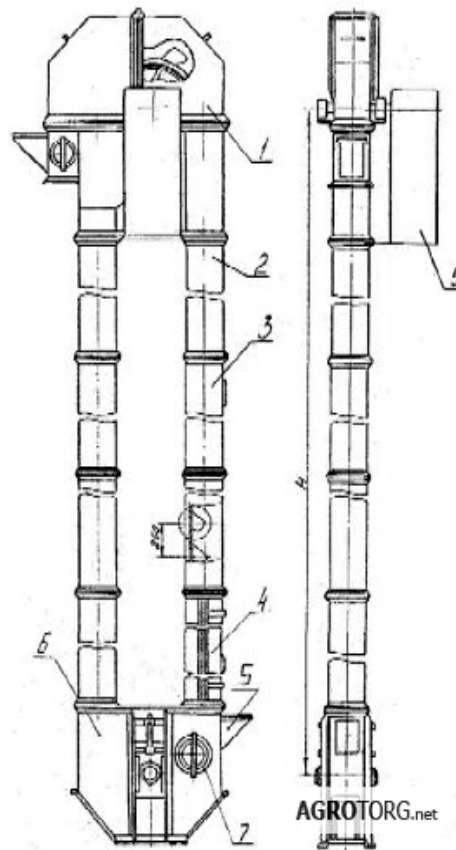


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд норії стрічкової ковшового, де 1 – головка; 2 – секція труби гладка; 3 – секція труби оглядова;



4 – секція труби натяжна; 5 – носок; 6 – черевик; 7 – люк оглядовий;  
8 – стрічка, 9 – привод; 10 – ковш.

Норії застосовують для вертикального переміщення сипучих матеріалів (зерна, борошна, крупи, комбікормів і ін.) Застосовують норії типів I і II: 1-2х10, II-50 і т. Д., Різної продуктивності. Наприклад, норію 1-2х10 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.

#### Пальник автоматичний МДГП

Пальники МДГП (пальники газові мікро-дифузійні) номінальною тепловою потужністю 0,3...35,0 МВт використовуються для високоефективного спалювання природного газу, пропан-бутанової суміші та іншого газоподібного палива у будь-якому обладнанні, що використовує газ[3]. Пальник МДГП використовується на промислових парових та водогрійних котлах, зерносушарках, промислових печах, сушарках та інших теплових агрегатах промислового призначення. Економічне та екологічно чисте спалювання засновано на струминному змішуванні газу з повітрям та утворенні на зрізі пілонів пальника МДГП горючої суміші.

Мікродифузійний процес спалювання газу у пальнику МДГП протікає: в короткому факелі; забезпечує високу стійкість спалювання до коливань тиску газу у газопроводі; забезпечує рівномірне температурне поле в камері горіння теплового агрегату; забезпечує високі екологічні показники.

Пальник комплектується блоком розпалювання, блоком автоматики, датчиками тиску. Блок автоматики має різні інтерфейси для обміну даними, у тому числі інтерфейс RS-485, з реалізацією протоколу Modbus RTU. Значення температури агенту сушіння задається оператором за допомогою блоку автоматики пальника або через інтерфейс обміну даними.





Рисунок 1.5 – Пальник МДГП

Коефіцієнт корисної дії пальника МДГП складає 95%. Для зерносушарки ДСП-32 економія витрат газу у порівнянні з попереднім пальником складає 10%.

#### Зерносушарка ДСП-32-ОТ-2

Зерносушарку ДСП-32-ОТ-2 встановлюють близько веж або силосних корпусів елеватора, в механізованих лініях, при складах зерна (Рис. 1.6).

Зерносушарка ДСП-32-ОТ-2 стаціонарна, шахтного типу, з двоступінчастим режимом сушіння. Її продуктивність 32 т / год при зниженні вологості зерна на 6% (з 20 до 14%).

Зерносушарка складається з наступних основних частин: двох сушильних шахт і розподільної камери, розташованої між ними; топки, що працює на рідкому паливі; трьох вентиляторів - для першого і другого



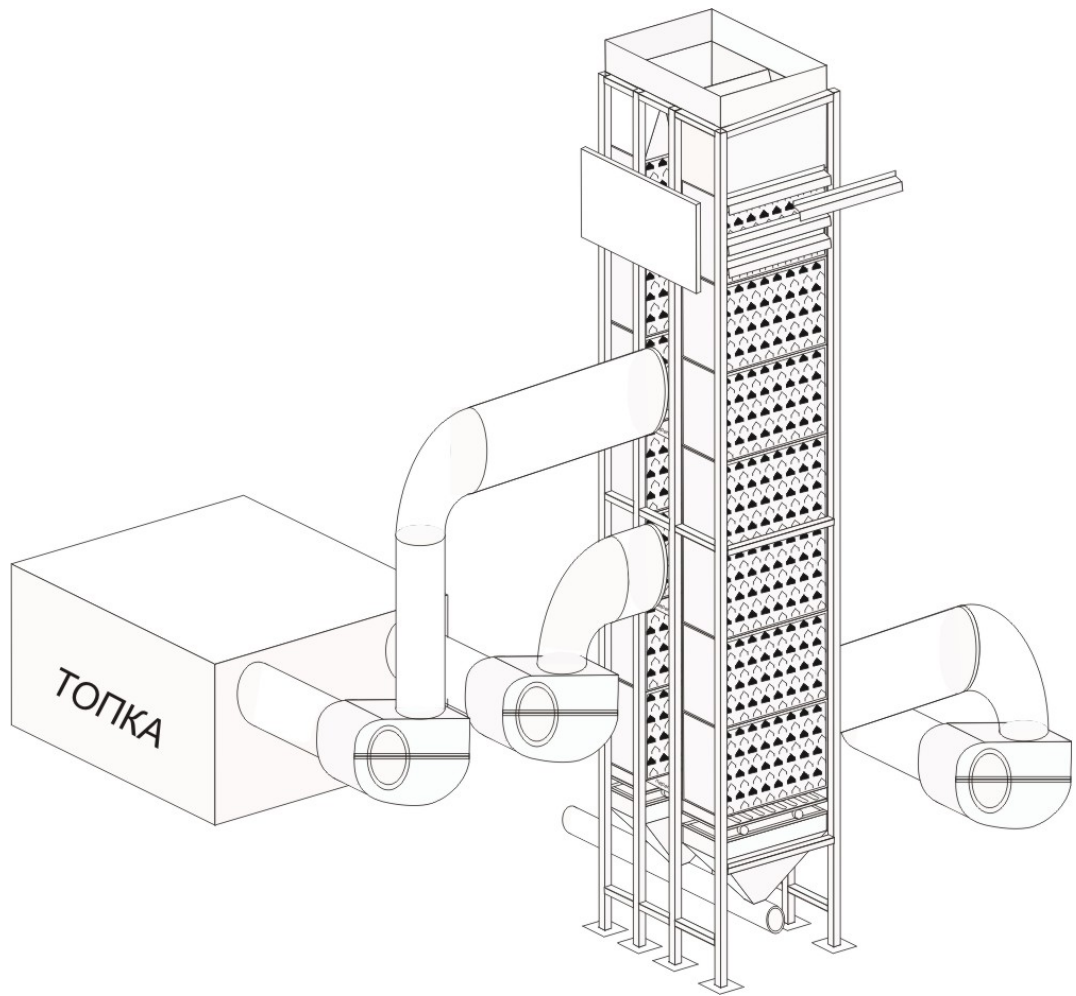


Рисунок 1.6 – Зерносушарка ДСП-32-ОТ-2

ступенів сушіння і для охолодження зерна; вентилятора високого тиску для форсунки; чотирьох електродвигунів для вентиляторів; двох затворів для випуску зерна з шахт і двох електродвигунів для приводу затворів. Над шахтами змонтовано бункер, що живить шахти зерном. Кожна шахта має по висоті три відділення: верхнє - перший ступінь сушіння; середнє - другий ступінь сушіння; нижнє - камера охолодження зерна.

У першому місці шахти розташовано 24 ряди коробів, з них верхній (перший) ряд - підвідний агент сушіння, а наступний за ним (другий) - відвідний і т. д. (Кожен непарний - підвідний, а парний під ним - відвідний).

У сушильній зоні другого ступеня шість рядів коробів підвідних і вісім відвідних. В охолоджувальній камері дев'ять рядів коробів, що підводять холодне повітря, і дев'ять рядів відвідних.



Топка сушарки працює на рідкому паливі. У фронтальній стінці топки встановлений чавунний щит. До щита прикріплена форкамера з форсункою. До фланця приєднана камера згоряння. У топці по осі камери згоряння розміщені два металевих циліндра для підведення повітря до камери змішування. Циліндри прикріплені до чотирьох стійок. Задня стінка топки щільно охоплює другий циліндр, за яким розташована камера змішування.

Зерносушарка знаходиться на відкритому майданчику, а її топка розташовується в будівлі. Там же встановлено пульт управління і контролю. Засоби автоматизації забезпечують стабільність температури сушильного агента і постійного тиску

Засувка гвинтова з електроприводом ЗПМ-300. Засувка призначена[4] для повного або часткового перекриття потоку сипучого матеріалу самопливом по трубам з бункерів та іншого обладнання.

Засувка складається з корпусу, механізму клапана, черв'ячний мотор-редуктор, реверсивний електродвигун та два кінцевих вимикача. Корпус засувки має жорстку конструкцію з листової сталі.

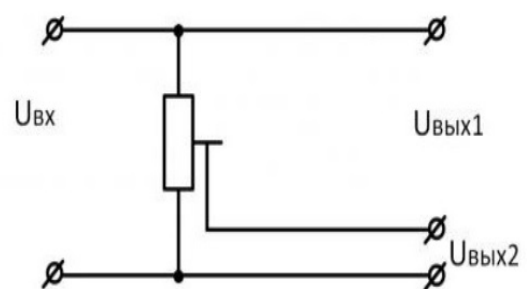


Рисунок 1.7 – Засувка з електроприводом ЗПМ-300

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



#### 1.4 Принцип функціонування зерносушарки

Пуск зерносушарки здійснюється наступним чином. Оператор перед пуском подає попереджувальний звуковий сигнал[5]. Пуск стаціонарної зерносушарки починається з роботи транспортного обладнання для наповнення зерном сушарки, вмикання вентиляторів, а потім топки. Першу партію зерна висушують з повною рециркуляцією зерна, це робота сушарки у режимі «сама на себе». Значення температури агента сушіння залежить від вологості зерна та його якісних показників.

По завершенню роботи або для зупинки сушарки на тривалий час (більше доби) потрібно припинити подачу сирого зерна, досушити зерно агентом сушіння з пониженим значенням температури, припинити подачу палива у форсунку, на деякий час не зупинив вентилятори сушильної камери та камери охолодження. Потім по черзі зупинити вентилятори сушильної камери та камери охолодження, при цьому не допускати повного опорожнення коробів у відповідних зонах сушарки.

Алгоритм функціонування шахтної зерносушарки з одноступеневим режимом при сушінні пшениці продовольчого призначення можливо описати наступним чином: забезпечити зниження вологи з початкового значення  $W_{\text{п}}=20\%$  до кінцевого  $W_{\text{к}}=14\%$  при максимально дозволений температурі нагріву зерна для пшениці з міцною клейковиною ( $T_z=45^{\circ}\text{C}$ ) [6] шляхом зміни температури сушильного агента. Беручи до уваги, що для зерна з міцною клейковиною температура сушильного агента не повинна перевищувати  $T_{\text{ас}}=120^{\circ}\text{C}$ .

Сушіння зерна, або нагрів зерна у зерносушарці починається після початку роботи пальника, та команди від оператора. Необхідною умовою є наявність зерна в над сушильному бункері та робота вентиляторів сушильної камери та камери охолодження. При виконанні вказаних умов підсистема контролю температури зерна передає мікропроцесорному контролеру пальника значення температури агента сушіння, що необхідно підтримувати у найближчий час. Через визначений час виконується контроль температури



зерна у зоні нагріву. Якщо температура зерна відповідає заданому значенню з відхиленням  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ , то температура агенту сушіння не змінна. Таким чином цільова температура нагріву зерна становить  $T_z = 40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , а температура агенту сушіння становить  $T_{ac} = 110 \pm 10^{\circ}\text{C}$ . У подальшому підтримка температури зерна у сушарці виконується ступеневою зміною уставки температури агента сушіння для мікропроцесорного контролеру пальника.

Аварійний стан підсистеми контролю температури зерна виникає при виконанні одної з умов: відсутність зерна у бункері над зерносушаркою; лише один вентилятор сушильної камери, або вентилятор камери охолодження не працює; температура агенту сушіння вище  $190^{\circ}\text{C}$ . При виконанні однієї з цих умов переходять до припинення роботи сушарки. При аварійному стані з'являється аварійна сигналізація, формується звуковий сигнал для привертання уваги оператора. Уставка температури агенту сушіння для мікропроцесорного контролеру пальника скидається до нуля, що означає припинення роботи пальника. Виконується закриття засувки, що подає зерно на сушіння, формується сигнал на відсічку постачання палива до пальника. Вимкнення звукового сигналу здійснюється оператором сушарки.

Критерієм нагріву зерна у зерносушарці є мінімальне відхилення від заданого значення температури зерна.

$$\text{відхил } T_z = |T_z - T_{z, \text{зад}}| \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де  $\text{відхил } T_z$  – відхилення значення параметру температура зерна;  $T_z$  – значення параметру температура зерна;  $T_{z, \text{зад}}$  – задане значення параметру температура зерна.

Причому якщо зерно перегріти (пересушити), то це зможе призвести до зниження якісних характеристик зерна, а значить зниження його вартості. Пересушування зерна без порчі якісних показників призводить до зниження маси, а це означає зниження вартості партії зерна. Якщо температура зерна нижче заданої, то це знижує вологість при проходженні зерна через



зерносушарку, що може вимагати у подальшому повторного спрямування зерна у зерносушарку та знижує ефективність роботи зерносушарки.

Задачі керування

Основні вимоги до розроблюваної системи:

- керування температурою зерна зерносушарки;
- керування обладнанням зерносушарки;
- зупинка обладнання при аварійній ситуації.

### **1.5. Висновки по розділу**

Аналіз роботи шахтної сушарки показав що це складний процес, який протикає під контролем оператора. Сушіння зерна пов'язане з керуванням температурою зерна нагрітого повітря, транспортуванням зерна через сушарку норіями, транспортерами, обов'язковим є контроль технологічних параметрів, серед яких є аналогові та дискретні сигнали. У цьому складному процесі відокремлено процес транспортування зерна при контролю нагріву зерна, опис цього процесу спрощено для розробки автоматизованої системи керування.



## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми системи керування транспортування зерна через зерносушарку ДСП32

Структурна схема системи автоматизованого керування зображує основні елементи системи керування і зв'язки між ними. Процес транспортування зерна через зерносушарку, є частиною технологічного процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці ДСП32. Спрощена структурна схема системи автоматизованого керування процесом сушіння зерна (САК ПСЗ) зображена на рис. 2.1. Автоматизована система транспортування зерна входить до складу САК ПСЗ, та є підсистемою. Система автоматизованого керування містить перетворювачі (датчики), виконавчі механізми, що розміщуються на об'єкті керування, програмований логічний контролер у вигляді промислового контролера, пульт оператора, що реалізовано на базі персонального комп'ютера.

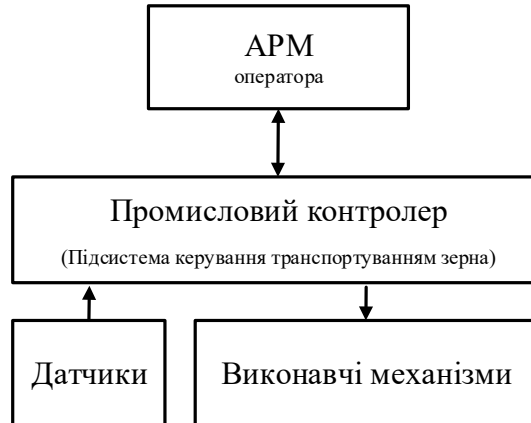


Рисунок 2.1 – Спрощена структурна схема системи автоматизованого керування процесом сушіння зерна

Виходячи з основної мети керування технологічним процесом, пропонується розробити розподілену систему керування, що містить три рівня. Перший рівень здійснює збір інформації за допомогою перетворювачів (датчиків) та керування виконавчими пристроями. На рівні датчиків пропонується використовувати дискретні і аналогові датчики:

– датчик верхнього рівня LA2;



- датчик середнього рівня LA3;
- датчик нижнього рівня LA4;
- датчик температури агенту сушіння TE0 (аналоговий);
- датчик температури зерна TE1 (аналоговий);

Повний перелік входних та вихідних сигналів представлено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік входних та вихідних сигналів

№	Найменування	Ідентифікатор	вх./вих.	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма		Період вв/вив
						зовніш	внут	
1	Рівень зерна бункеру	LA1	вхід	діскрет.	СУМ-1	24 В	1 біт	1 мин
2	Рівень зерна1	LA2	вхід	діскрет.	СУМ-1	24 В	1 біт	1 мин
3	Рівень зерна 2	LA3	вхід	діскрет.	СУМ-1	24 В	1 біт	1 мин
4	Рівень зерна3	LA4	вхід	діскрет.	СУМ-1	24 В	1 біт	1 мин
5	Стан засувка «Відкрито»	GS1	вхід	діскрет.	БК-200	-	1 біт	1 хв.
6	Стан засувка «Зачинено»	GS2	вхід	діскрет.	БК-200	-	1 біт	1 хв.
7	Відкриття засувки	SA3	вихід	діскрет.	Пусковий пристрій	24 В	1 біт	10 с
8	Зачинення засувки	SA4	вихід	діскрет.	Пусковий пристрій	24 В	1 біт	10 с
9	Признак нормального стану зерносушарки	p1	вхід	діскрет.	САК ПСЗ	-	1 біт	10 с
10	Признак стану Клапану Топки	p2	вхід	діскрет.	САК ПСЗ	-	1 біт	10 с
11	Температура агенту сушіння	TE0	вхід	аналог.	ТСП	-	2 байт	1 мин
12	Вихідне знач . температури агенту сушіння	OutTE0	вихід	аналог.	САК ПСЗ	-	2 байт	1 мин
13	Температура зерна	TE1	вхід	аналог.	ТСП	-	2 байт	1 мин
14	Уставка температури зерна	UTE1	вхід	аналог.	Оператор САК ПСЗ	-	2 байт	1 мин
15	Сигналізація звукова	SA1	вихід	діскрет.	Пусковий пристрій	24 В	1 біт	10 с
16	Клапан відсічки	SA2	вихід	діскрет.	Пусковий пристрій	24 В	1 біт	10 с

Виконавчими механізмами, якими керує система керування транспортуванням зерна через зерносушарку ДСП32 є пускачі засувки



зерна (SA3, SA4), що працює у ревірському режимі. Частина виконавчих механізмів підключена до САК ПСЗ і тому є отримувачем вихідних сигналів SA1 для керування дзвінком / сигналізацією звуковою, SA2 для керування клапаном відсічки топки, OutTE0 для передачі пальнику вихідного значення температури агенту сушіння.

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 наступні прилади: засоби сигналізації, місцевий пульт управління, індикатори, контролер, пристрої введення-виведення.

Третій рівень управління 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, гістограми, таблиці, тренди і.т.д.), ведення бази даних.

## **2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування**

### **2.2.1 Вибір датчиків**

#### **Сигналізатор рівня мембранний СУМ-1**

Сигналізатор рівня мембранного типу[7] призначений для контролю граничного рівня зерна, цементу, вапна, піску, а також інших сипучих середовищ, у виробничих ємностях. Сигналізатор має моноблочну конструкцію, що поєднує електронний перетворювач, який має релейний або безконтактний вихід і чутливий елемент.



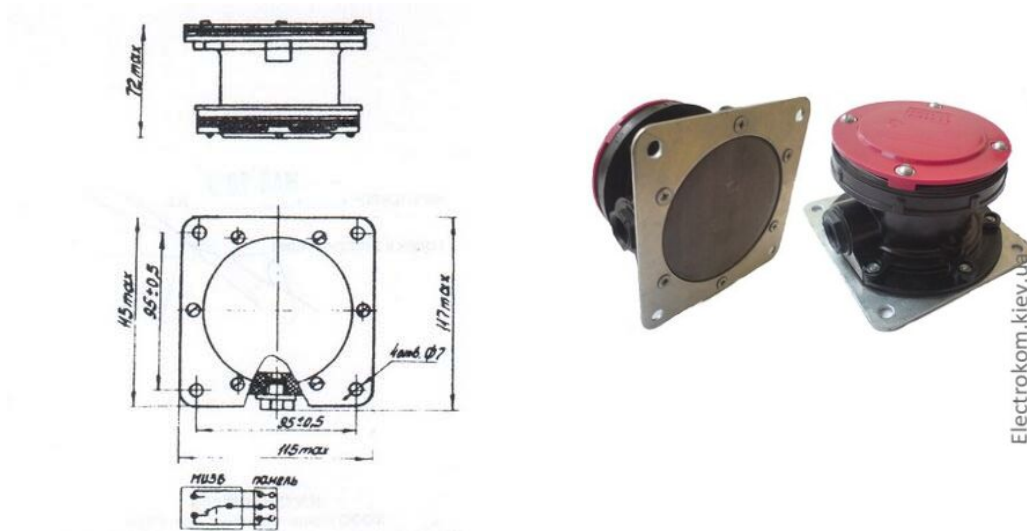


Рисунок 2.2 – Сигналізатор рівня СУМ-1

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.

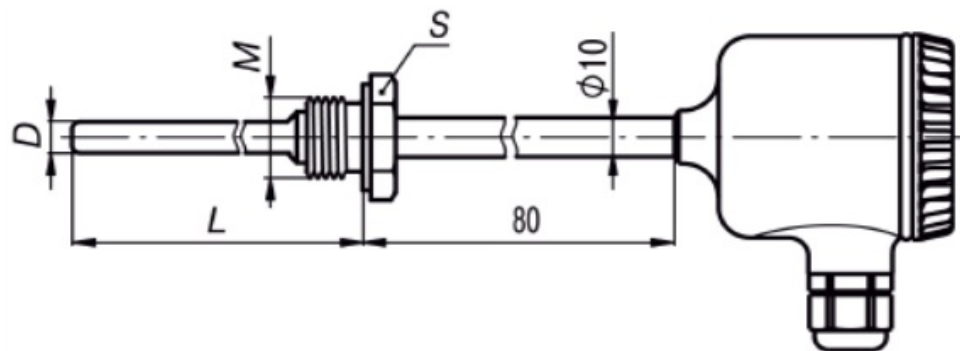
Таблиця 2.2 – Технічні характеристики сигналізатора рівня СУМ-1

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.

Термоперетворювач. З огляду на те, що температура зерна та температура агенту сушіння в процесі сушіння зерна, не перевищує  $200^{\circ}\text{C}$ , то для контролю цих технологічних параметрів обрано термоперетворювач [8] ОВЕН ДТС065М-100П.1,0.250.И4 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА. Діапазон вимірюваних температур термоперетворювача ОВЕН ДТС065М-100П.1,0.250.И4 становить від мінус 50 до плюс  $500^{\circ}\text{C}$ . Вимірюваний технологічний робочий діапазон температури зерна від плюс 30 до плюс  $50^{\circ}\text{C}$ , що знаходиться в діапазоні вимірюваних термоперетворювачем температур. Вимірюваний технологічний робочий діапазон температури агенту сушіння від плюс 110 до плюс  $130^{\circ}\text{C}$ , що також лежить в діапазоні вимірюваних термоперетворювачем температур.



a)



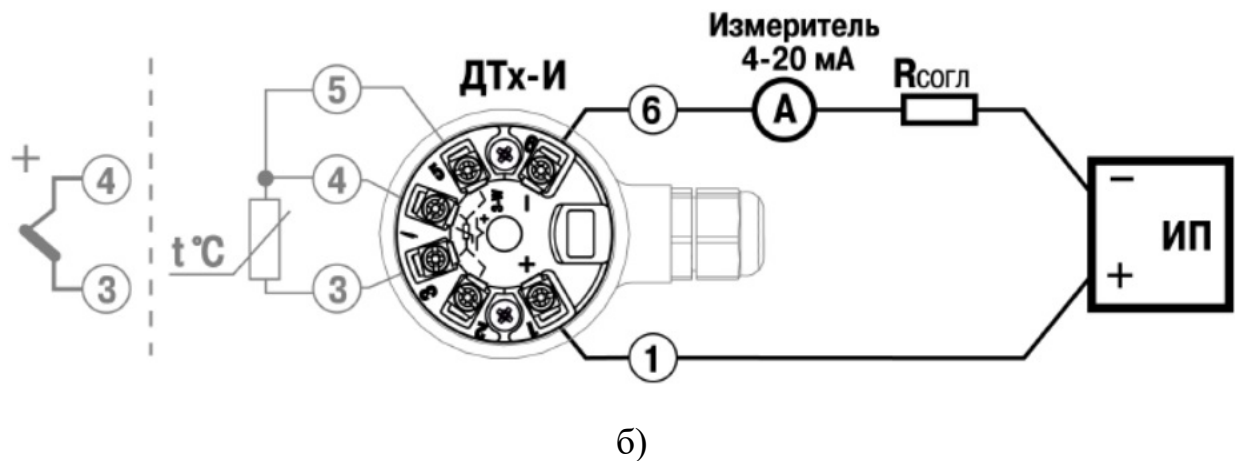


Рисунок 2.3 – Термоперетворювач ОВЕН ДТС065М-100П.1,0.250.И4, де а) загальний вигляд термоперетворювача, б) схема підключення.

Термоперетворювачі мають діапазон живлення від 12 В до 36 В постійного струму, номінальне значення напруги живлення складає 24 В постійного струму. Діапазон вихідного струму перетворювача складає 4 мА - 20 мА. Розрядність цифро-аналогового перетворювача не менш 12 біт. Приведена похибка перетворення температури у струм складає 1,0%. Ступень захисту корпусу з пластиковою комутаційною головкою відповідає IP54.

Вимикач екстреної зупинки типу ВДШ-1. ВДШ-1 (см.рис.2.4) призначений для аварійної зупинки вантажних конвеєрів з будь-якого місця уздовж конвеєрної траси, з фіксацією або без фіксації відключеного стану, а також для місцевого блокування запуску конвеєра.

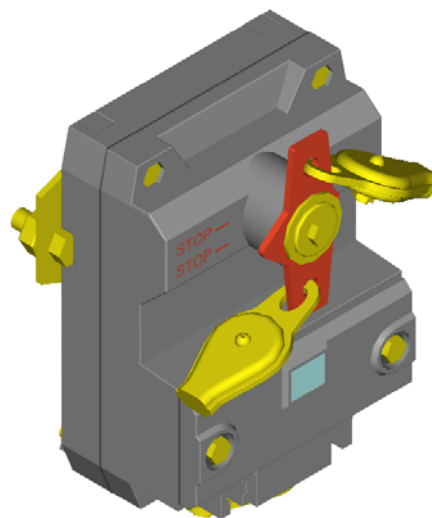


Рисунок 2.4 - Загальний вигляд вимикача ВДШ-1



Усередині корпусу розташовані приводний вал, система пружних важелів, пристрій фіксації, виконавчі герметичні контакти (геркони) і схема індикації. Приводний вал проходить назовні через отвір в корпусі і пов'язаний з функціональним приводом. На кришці камери введення є вікно індикації.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики вимикача ВДШ-1

Найменування	Значення
1. Зусилля впливу на привід необхідне для спрацювання, Н:	
- без фіксації	160
- з фіксацією	60
2. Початкове зусилля впливу на привід, Н, не менш .:	
- без фіксації	90
- з фіксацією	40
3. Кут повороту приводу до спрацювання, град, не більше	13
4. Кількість комутованих ланцюгів, од .:	
- перемикаються	2
5. Напруга на контакті, В, не більше	42
6. Струм через контакт, А, не більше	0,2
7. Маса, кг, не більше:	1,8

Пост кнопковий типу ПВК-1.



Рисунок 2.5 – 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 фіксацією. Основним виконавчим органом постів є блоки контактні. Блоки мають один розмикаючий і один замикаючий контакти.

Таблиця 2.4 – Технічні дані пульта управління типу ПВК-1

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

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

Таблиця 2.5 – Перетворювачі (датчики)

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Значення виходу	Напруга живлення
1	Температура агенту сушіння	зміна опору	ДТС065М-100П.	4-20мА	+/-24В
2	Температура зерна	зміна опору	ДТС065М-100П.	4-20мА	+/-24В
3	Рівень зерна	мембрана	СУМ-1	НР контакт реле	+/-24В
4	Контроль стану вимикача	Механічне натискання	ВДШ-1	НЗ контакт реле	+/-24В
5	Пост кнопковий	Механічне натискання	ПВК-1	НР та НЗ контакт реле	+/-24В

### 2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

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





Рисунок 2.6 – 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 управління 220В AC;
- Номінальний струм (AC1), до 40 С 40А;
- Кількість силових полюсів 4;
- Наявність допоміжного контакту 3НО + 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 2.7 – 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 п'єзоізолятор і яскраві світлодіоди.

Може застосовуватися в умовах впливу атмосферних опадів, сонячного випромінювання.

Таблиця 2.6 – 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
Маса, 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.

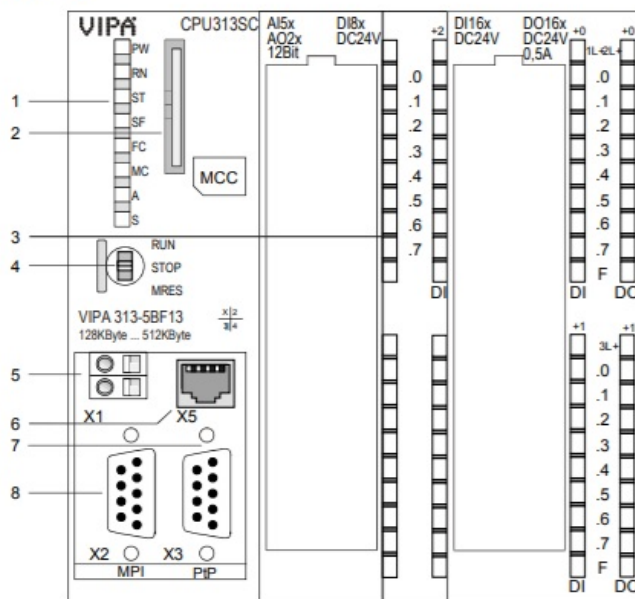
Таблиця 2.7 – Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Значення виходу	Напруга живлен.	Потуж-ть споживан
1	Пусковий пристрій клапану	дискретний	BF0901A230	Замкн./разомкн. контакти	220В	50Вт
3	Пускові пристрої приводів конвеєру, норій	дискретний	BF2501A230	Замкн./разомкн. контакти	220В	60Вт
3	Світлозвукова сигналізація	дискретний	BC-3-220В	105 дБА/1м >2000 mcd	220В	6Вт

### 2.2.3 Вибір пристрою керування

В якості основного пристрою контролю та керування для підтримки температури у зерносушарці обрано контролер VIPA System 300S.

#### CPU 313SC 313-5BF13



- [1] LEDs of the CPU part
- [2] MCC slot
- [3] LEDs of the I/O part
- [4] Operating mode switch CPU

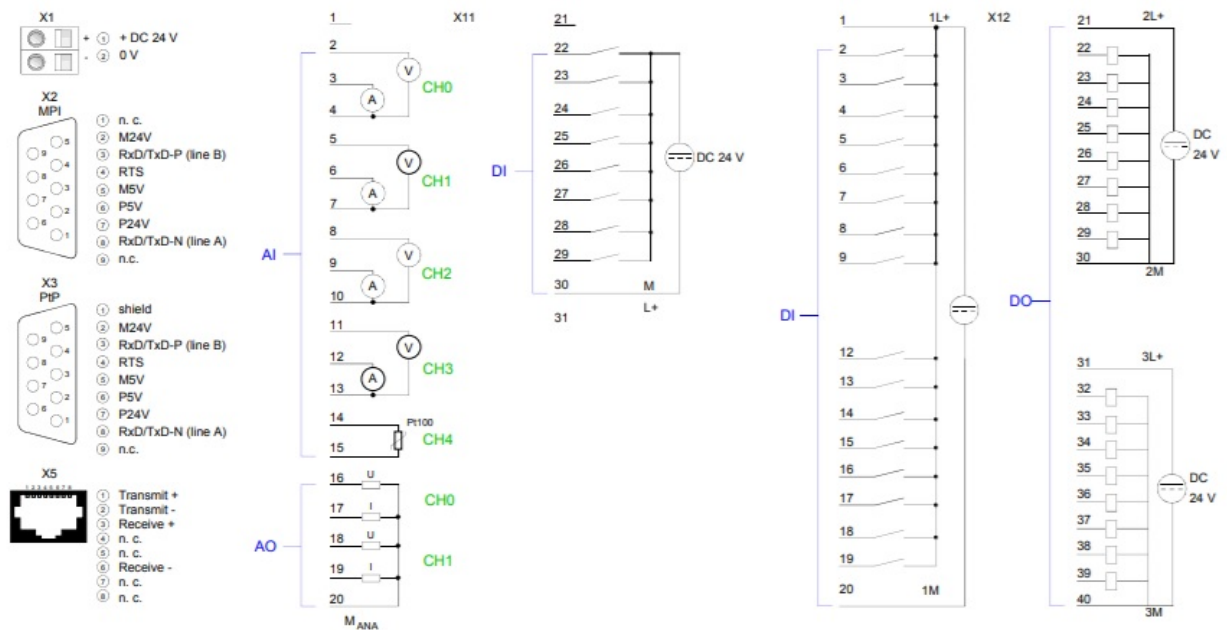
**The following components are under the front flap**

- [5] Slot for DC 24V power supply
- [6] Ethernet interface for PG/OP channel
- [7] PtP interface
- [8] MPI interface

a)



## Interfaces



б)

Рисунок 2.8 – Контролер VIPA 313-5BF13,

де а) загальний вигляд модулю, б) схема підключення.

Процесорні модулі System 300S програмно сумісні з ПЛК Simatic S7-300 компанії Siemens, тому їх програмування може здійснюватися як за допомогою програмного забезпечення WinPLC від VIPA, пакету STEP7 компанії Siemens, Zenon Logic який входить до складу SCADA системи Zenon.

Модулі ЦПУ серії 300S базуються на технології SPEED7, завдяки якій є одними з найшвидших у світі в своєму класі. Володіючи високою швидкодією, вони забезпечують дуже короткий цикл виконання програми і, відповідно, дуже високу швидкість реакції всієї системи керування. Це дозволяє використовувати ПЛК серії 300S для реалізації комплексних систем автоматизації середнього і верхнього рівня складності для обробних і переробних галузей промисловості.

Модуль дискретного виводу 322-5FF00 - 8 виводів 120В / 230В змінного струму, 2 А.



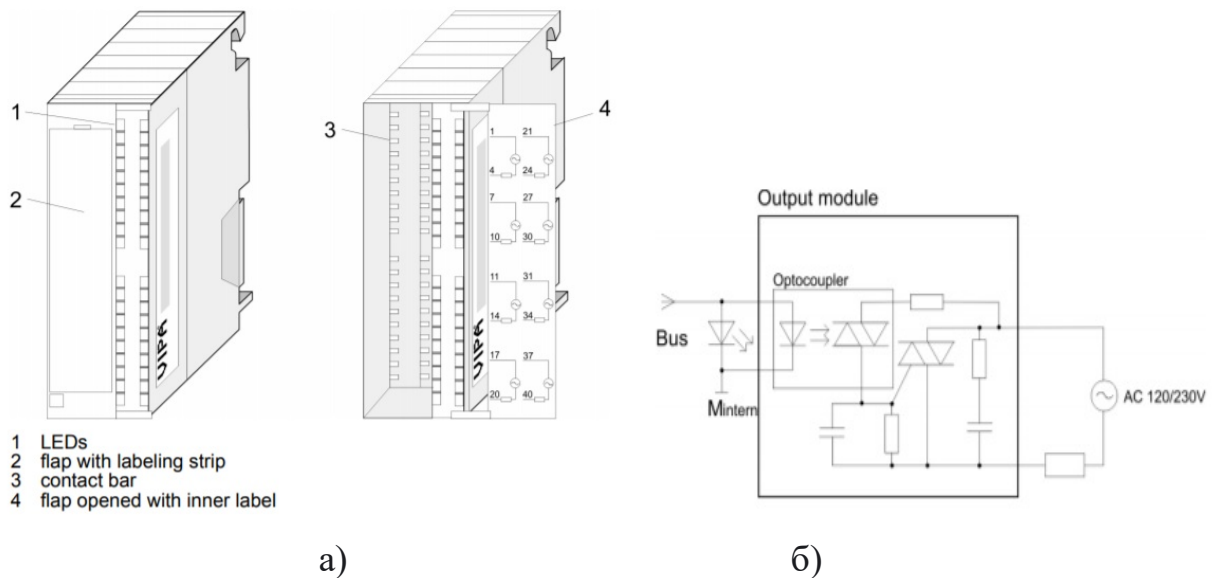


Рисунок 2.9 – Модуль дискретного виводу 322-5FF00,  
де а) – зовнішній вигляд; б) – схема підключення

Технічні характеристики:

- Кількість виходів - 8;
- Напруга навантаження - 120/230 В (АС);
- Максимальний струм навантаження - 2 А;
- Індикатори - світлодіодні індикатори стану;
- Потужність- 8.6 Вт.

#### 2.2.4 Вибір пультів 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 сушіння зерна, для якої система керування температурою зерна 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 обрано перетворювач USB–485M(мікросхема MCP2200). Він 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. 2.10 – Перетворювач USB–485M

### 2.2.5 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер VIPA 313-5BF13 та його модулі мають напругу живлення + 24 В. Загальна споживана потужність програмованого логічного контролера та його модулів складає 9,37 Вт.

Для живлення обрано модуль живлення PS307/5A VIPA 307-1EA00, що використовується у системах VIPA 300S, 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,

монтаж на 35мм Din-рейку

Максимальний струм – 2А

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

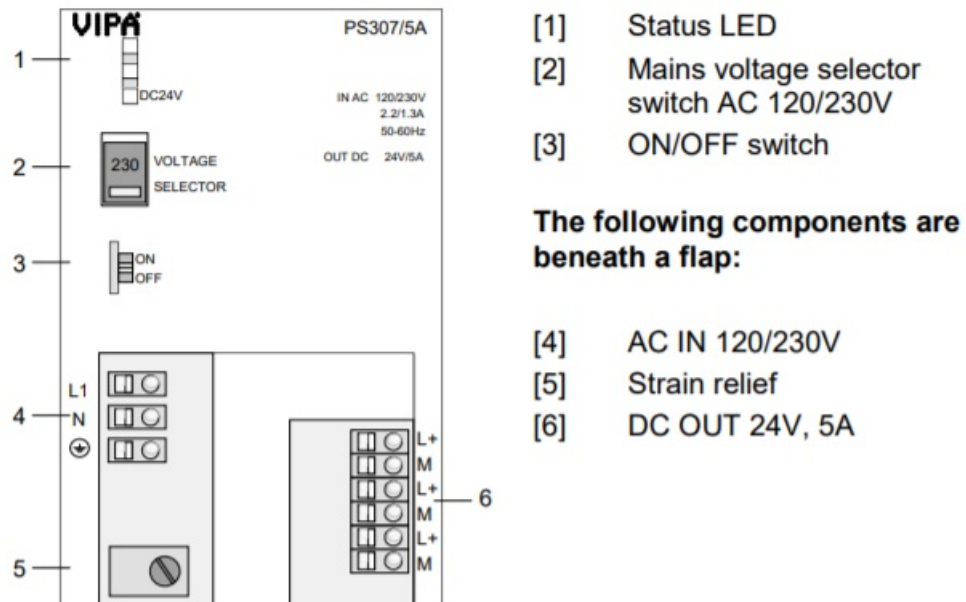


Рисунок 2.11 – Модуль живлення VIPA 307-1EA00

### 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 управління. На функціональній схемі умовними позначеннями показано основне технологічне обладнання та засоби автоматизації.

Всі елементи системи управління об'єднуються в єдину систему лініями функціонального зв'язку. Функціональна схема автоматизації зображена на рис. 2.15.

Як пристрій управління використовується програмований логічний контролер (UY 1 – VIPA 313-5BF13). Дані програмованого логічного контролера про протікання технологічного процесу візуалізуються на пульті



оператора (UYR - Персональний комп'ютер). Крім того потрібно обробляти сигнали від локального контролера зерносушарки (UY 2).

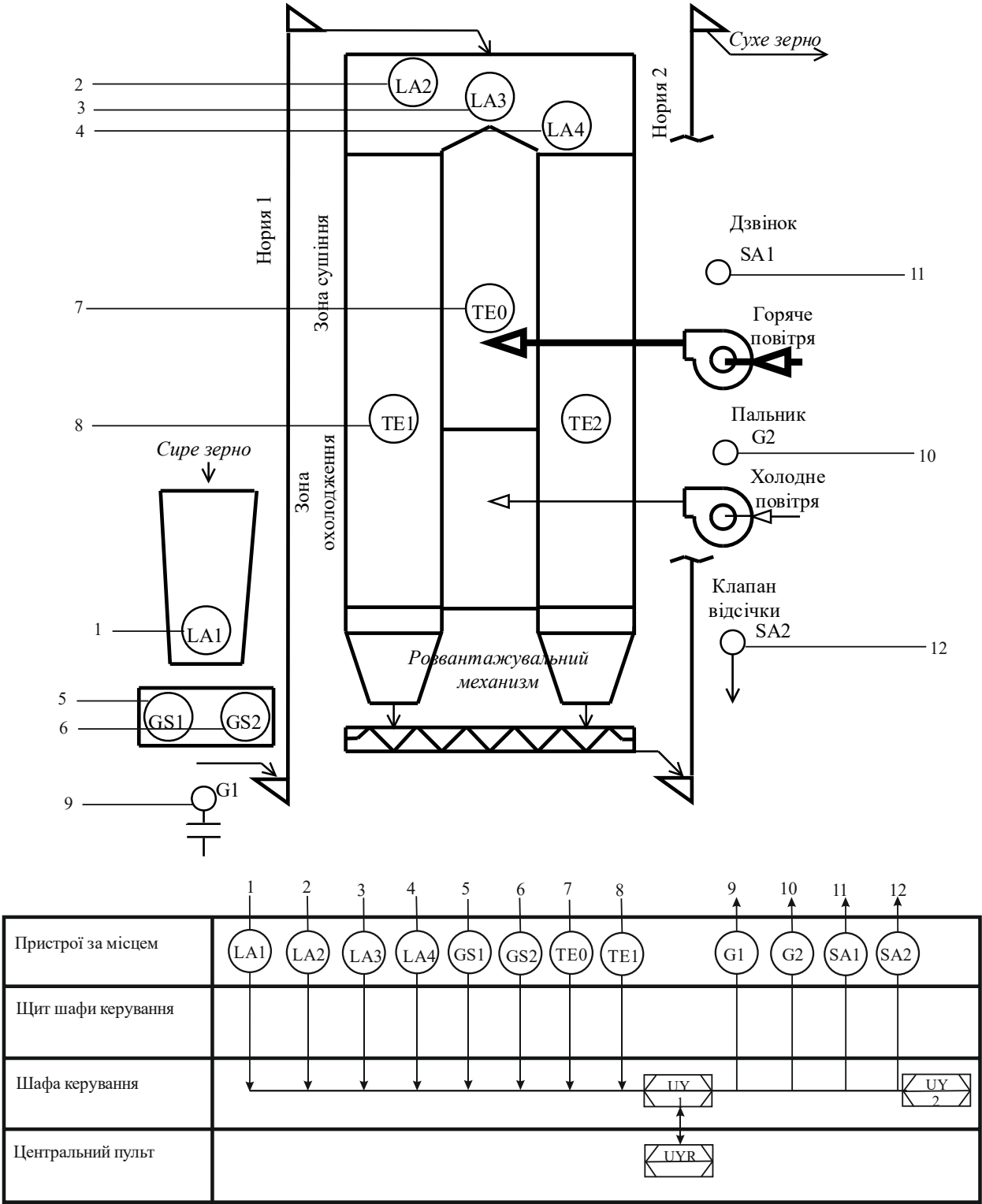


Рисунок 2.12 – Функціональна схема автоматизації системи транспортування зерна через зерносушарку ДСП32



## 2.4 Розробка схеми електричної принципової

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

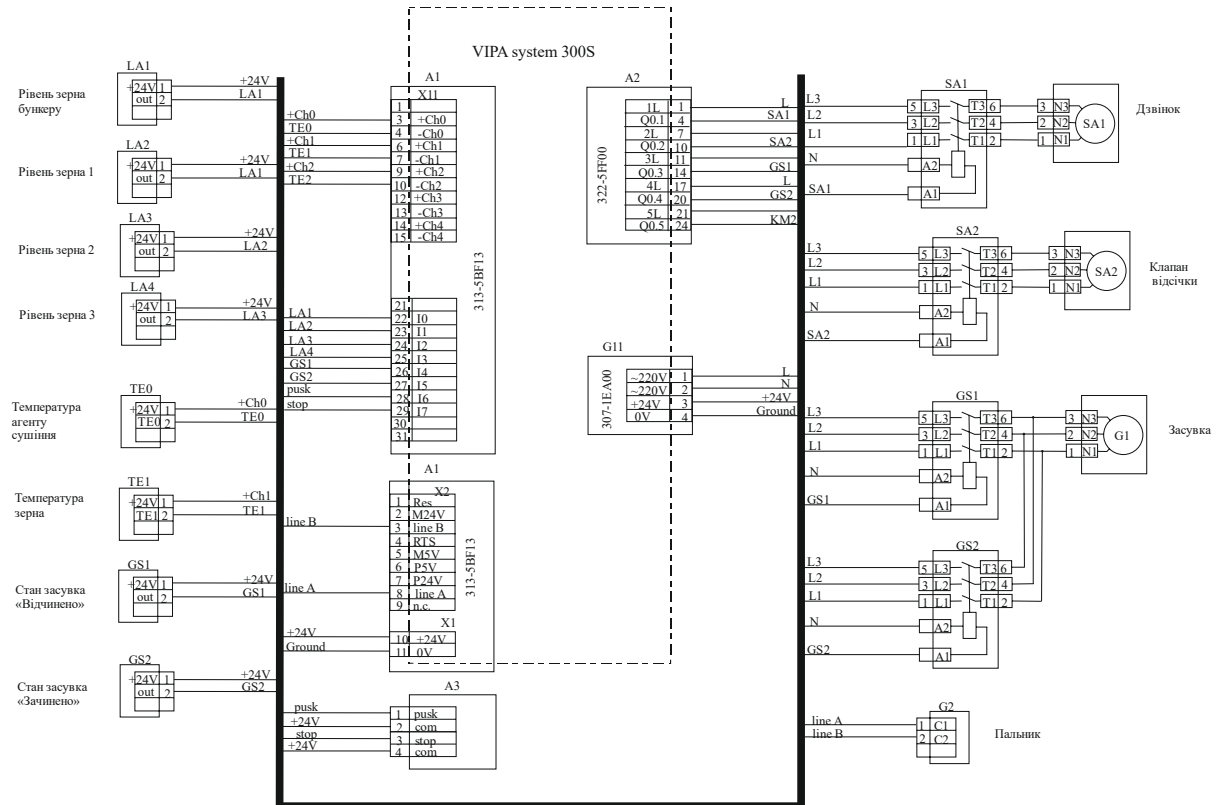


Рисунок 2.13 – Схема електрична принципова

На схемі показані електричні з'єднання між обраними апаратними засобами контролера VIPA System 300S, 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 300S з'єднані між собою внутриконтролерною магістраллю.

Промисловий контролер САК ПСЗ підключається до модуля центрального процесора VIPA 313-5BF13 через локальну лінію зв'язку RS-485 (L).

Керування електродвигунами виконавчих механізмів здійснюється за допомогою контакторів шляхом комутації ланцюга живлення котушки управління 380В.

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

## **2.5.Висновки по розділу**

Відповідно до вимог автоматизованої системи керування транспортуванням зерна через зерносушарку ДСП32 розроблено структурну схему, обрано апаратне забезпечення, розроблено технічну документацію з наступними документами – схема функціональна автоматизації, схема електрична принципова, перелік елементів.

Основою системи автоматизованого керування обрано сучасний програмований логічний контролер у вигляді промисловий контролер VIPA System 300S (Німеччина).



### **3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ**

#### **3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків системи керування**

Автоматизована система керування технологічним процесом підприємства повинна об'єднувати системи керування різними об'єктами підприємства у єдину систему для підвищення ефективності роботи підприємства. Автоматизація процесу керування транспортуванням зерна через зерносушарку ДСП32 це проектування автоматизованої підсистеми керування, що є частиною більшої системи автоматизованого керування процесом сушіння зерна зерносушаркою ДСП32. Ця система складається з пристроїв збору інформації (датчики), виконавчих пристроїв, функції системи автоматизованого контролю стану обладнання, функції системи протиаварійного захисту, функції формування керуючого впливу. Система забезпечує візуалізацію стану технологічного процесу, тому вона повинна включати функцію підсистеми інформаційного забезпечення роботи оператора. Це є реєстрація значень параметрів, людино-машинний інтерфейс з сигналізацією досягнення параметрами заданих значень. Так само система виконує архівування даних технологічного процесу, 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.



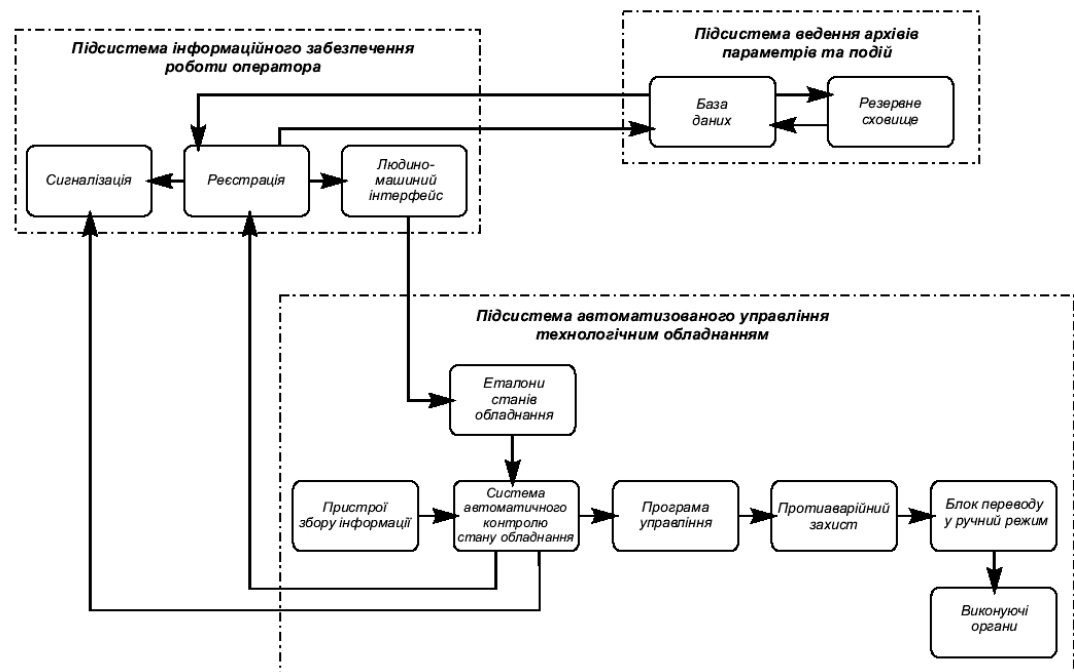


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків автоматизованої системи керування процесом сушіння зерна

Таким чином, відповідно до вимог, підсистема автоматизованого керування технологічним обладнанням є апаратно програмним комплексом який включає датчики, об'єкт керування, пристрій керування, в якості якого виступає програмований логічний контролер та 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 це окремі програмні модулі SCADA системи zenon.

Зв'язок між апаратним забезпеченням системи керування відповідно до вимог забезпечується різними фізичними інтерфейсами, 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. Зерносушарка це складний об'єкт, що використовується обмежений час на рік, найчастіше під час збору врожаю. Під час роботи зерносушарки витрачається велика кількість теплової та електричної енергії. Для отримання математичної моделі об'єкту виконано аналіз літературних джерел з метою вивчення досвіду ідентифікації процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці. На мій погляд доцільно обрати передавальну характеристика зерносушарки по каналу температура агенту сушіння ( $T_{ac}$ ) – температура зерна ( $T_z$ ) отримана[9] після ідентифікації реального процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці. Отримана передавальна характеристика має вигляд аперіодичної ланки другого порядку:

$$\frac{K_{T_{ac}T_z} e^{-\tau_0 p}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad (3.1)$$

де,  $T_2=348$  с.,  $T_1=828$  с.,  $K_{T_{ac}T_z}=0,3636$  °C/°C,  $\tau_0=294$  с.

Графічне представлення моделі для дослідження об'єкту керування у середовищі MATLAB (рис. 3.2) містить наступні елементи: джерело ступеневого впливу, модель об'єкту керування, ланка запізнення, вимірювач, осцилограф.

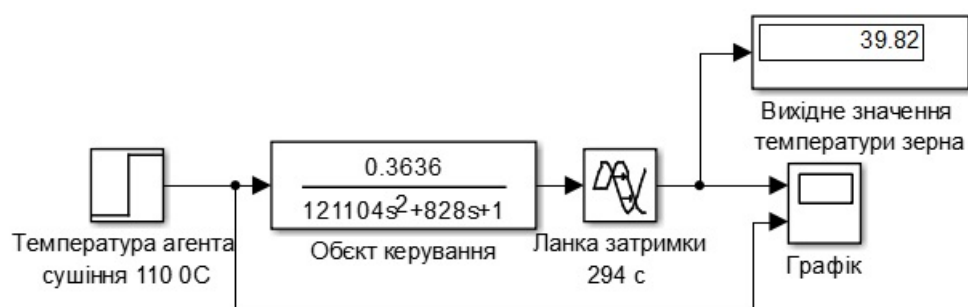


Рисунок 3.2 – Модель об'єкту керування



Результат моделювання об'єкту керування по каналу температура агенту сушіння ( $T_{ac}$ ) – температура зерна ( $T_z$ ) підтверджує аперіодичний характер вихідної характеристики (рис. 3.3). З моменту часу подачі вхідного сигналу ( $T_{ac}=110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на об'єкт керування після затримки сигналу починає наростати вихідне значення та сягає сталого значення ( $T_z=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). При цьому час моделювання склав 4 000 секунд, що складає чуть більше одного астрономічного часу.

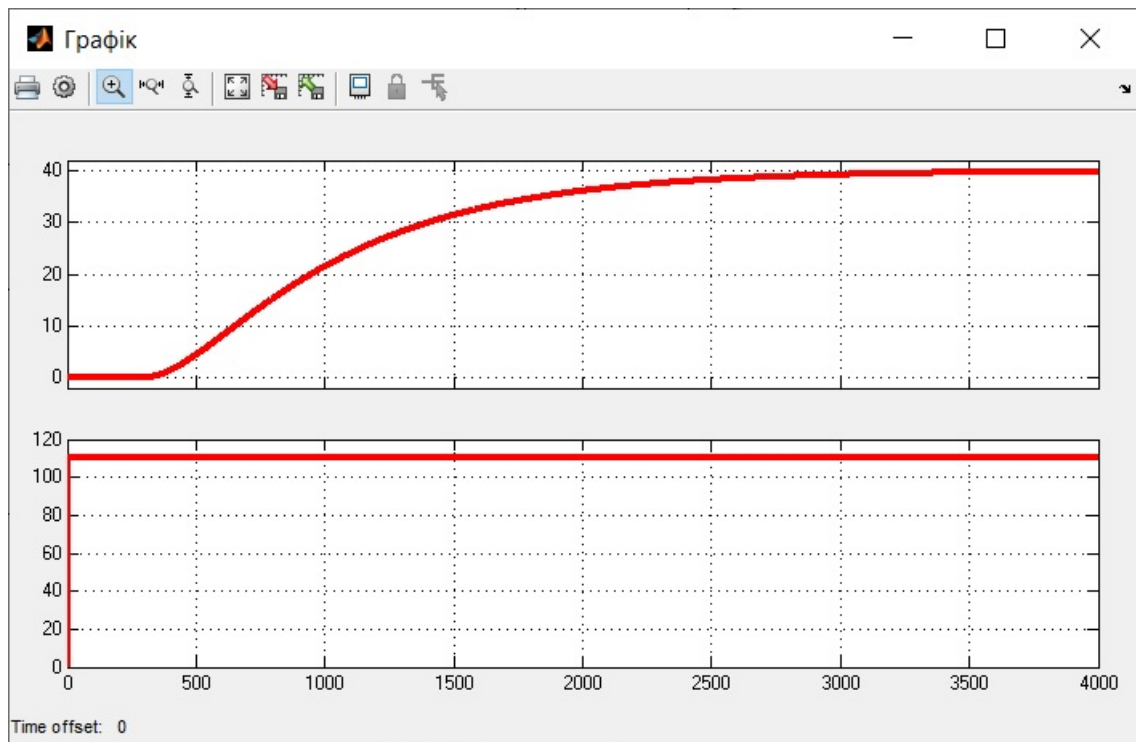


Рисунок 3.3 – Результат моделювання моделі об'єкта керування по каналу температура агенту сушіння ( $T_{ac}$ ) – температура зерна ( $T_z$ ).

Проведено дослідження моделі об'єкту керування за допомогою П-образного впливу (рис.3.4), при цьому досліджується зміна значення сигналу на виході об'єкту керування як при подачі так й припиненні вхідного сигналу. Моделювання показало симетричність поведінки моделі, та відсутність інтегруючої складової.



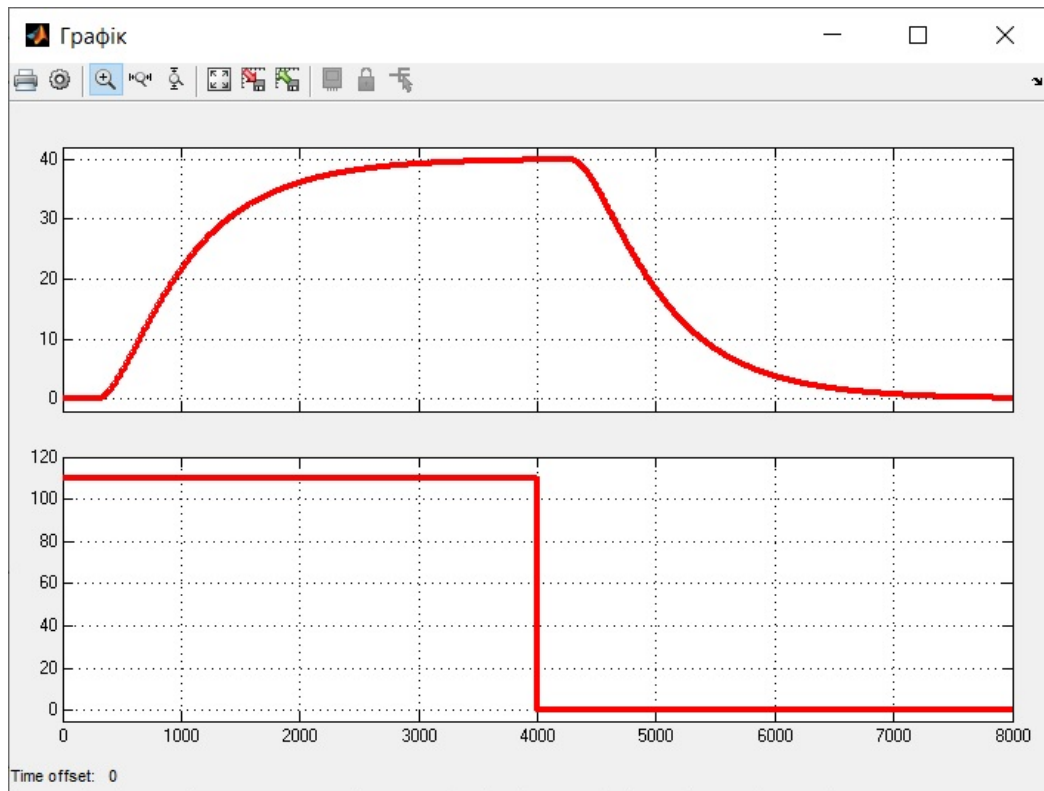


Рисунок 3.4 – Результат моделювання при подачі на вхід П-образного впливу .

Для визначення значень параметрів перехідного процесу графічним методом побудована модель (рис.3.5), що додатково містить два постійних джерела живлення. Перше джерело живлення зі значенням десять відсотків від сталого значення вихідного сигналу, та друге джерело живлення зі значенням дев'яносто відсотків від сталого значення вихідного сигналу.

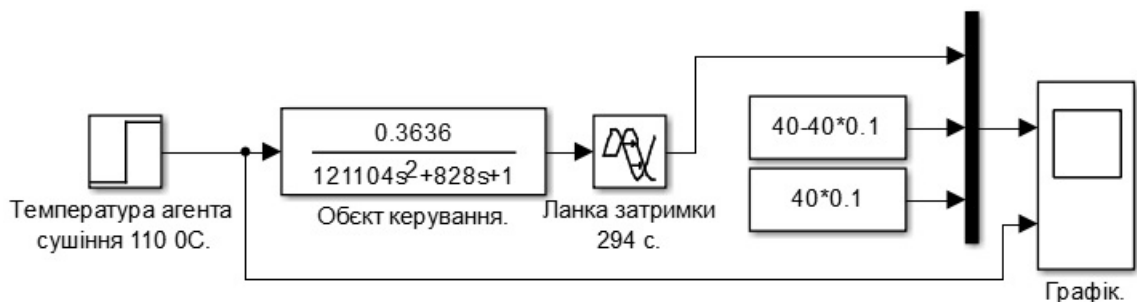


Рисунок 3.5 – Реалізація моделі об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення



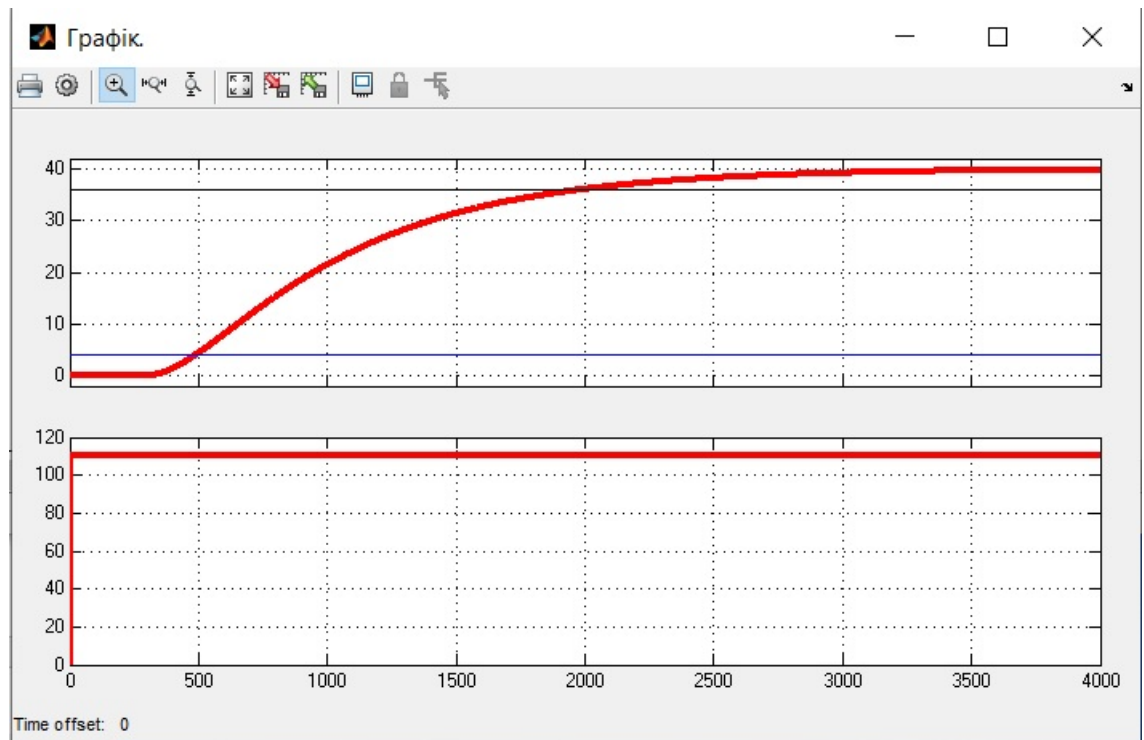


Рисунок 3.6 – Графік об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

Таким чином у результаті виконання експерименту проведено дослідження у результаті якого були отримані динамічна характеристика, а також отримані перевіірочні дані. Графічним методом за допомогою рисунка 3.6 встановлюються значення параметрів об'єкту керування під час перехідного процесу: час наростання, час встановлення, величина перерегулювання. Час наростання це інтервал часу на протязі якого вихідна змінна зростає від 10% до 90% від встановленого значення. Згідно рис. 3.6 час наростання дорівнює приблизно 1500 с. Час встановлення с похибкою величиною 10% це час по завершенню якого похибка регулювання не перевищує заданого значення. Для похибки 10% згідно рисунка 3.6 час встановлення складає приблизно 2200 с. Перерегулювання – перевищення першого викиду над сталим значенням змінної. Згідно рис. 3.6 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.

Раніше було отримано значення параметрів неперервної моделі об'єкту керування, яка задовольняє умовам системи автоматизованого керування транспортування зерна через зерносушарку ДСП32. Для перетворення елементів моделі системи керування в цифрову форму необхідно визначитися з часом дискретизації неперервної величини. Час дискретизації в першу чергу визначається для реалізації імітаційної моделі пристрою керування. Значення часу повинно 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 значення часу повинно бути більше ніж

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

Оскільки стандартний цикл програмованого логічного контролера становить 100 мс, то значення часу дискретизації обираємо рівним 100 мс, що в математичному пакеті MATLAB параметр "Sample time" відповідає значенню 0.1 с.

Виконаємо перетворення всіх елементів моделі об'єкту керування на цифрові у середовищі MatlabR2013b. Для об'єкта керування перетворимо



один об'єкт другого порядку на два об'єкту першого порядку. Для цього знайдемо коріння рівняння другого ступеня за допомогою середовища Matlab:

```
>> roots([121104 828 1])
```

```
ans = -0.0053
```

```
-0.0016
```

```
>> 1/0.0053
```

```
ans= 188.6792
```

```
>> 1/0.0016
```

```
ans=625.
```

Виконаємо перетворення неперервних передавальних функцій у цифрову форму за допомогою середовища Matlab.

```
>> tfz = c2d(tf([0.3636], [188.6792 1]), 0.1);
```

```
tfz=0.000192656987626176/(z- 0.999470140298058)
```

```
Sample time: 0.1 seconds
```

```
>> tfz1 = c2d(tf([1],[625 1]),0.1);
```

```
tfz1= 0.000159987200682639/(z- 0.999840012799317)
```

```
Sample time: 0.1 seconds.
```

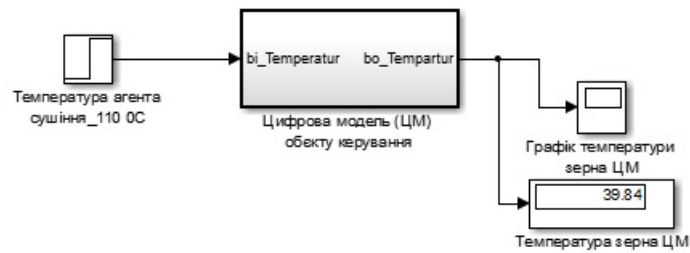
Перетворення значення ланки чистого запізнення

```
>> tfz2 = c2d(tf([1], 'ioDelay', 270), 0.1);
```

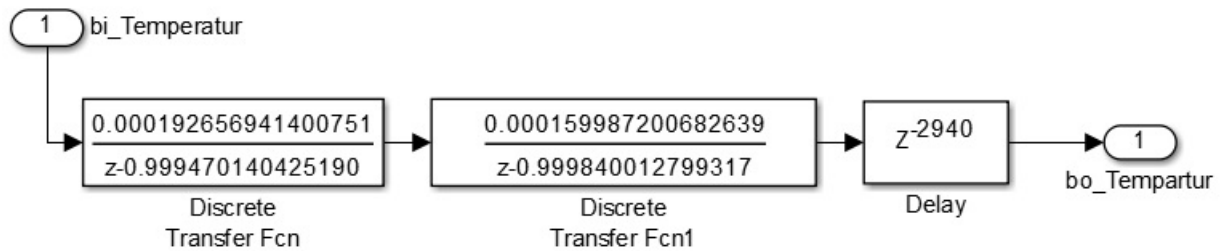
```
tfz2= z^(-2940) · (1) Sample time: 0.1 seconds.
```

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





а. Загальний вигляд



б. Чисельний вигляд моделі

Рисунок 3.7 – Цифрова модель об'єкту керування температурою зерна у зерносушарці

### 3.4. Перевірка моделі на адекватність

Оцінка достовірності цифрової моделі системи керування до безперервної моделі виконується за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Для оцінки на безперервну і цифрову моделі подається однакове значення вхідного параметру і реєструються їх дійсні вихідні значення з періодом відповідним часу дискретизації цифрової моделі. Розбіжність має становити менш 20%. Модель що об'єднує безперервну та цифрову моделі, та призначена для порівняння представлена на рис. 3.8. Додатково ця модель містить блок ModelContinuous та ModelDiscret для збереження отриманих даних та подальшої обробки.



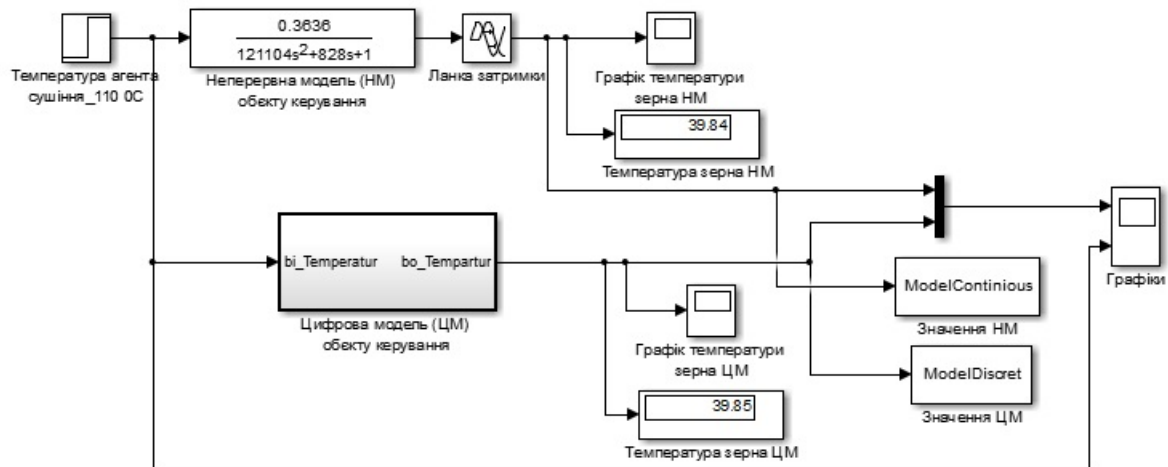


Рисунок 3.8 – Схема моделі для порівняння безперервної та цифрової моделей об'єкту керування температурою зерна у зерносушарці

Результат сумісної роботи двох моделей на графіку (рис.3.9) показує збіг двох кривих, але ступень збігу буде розраховано далі.

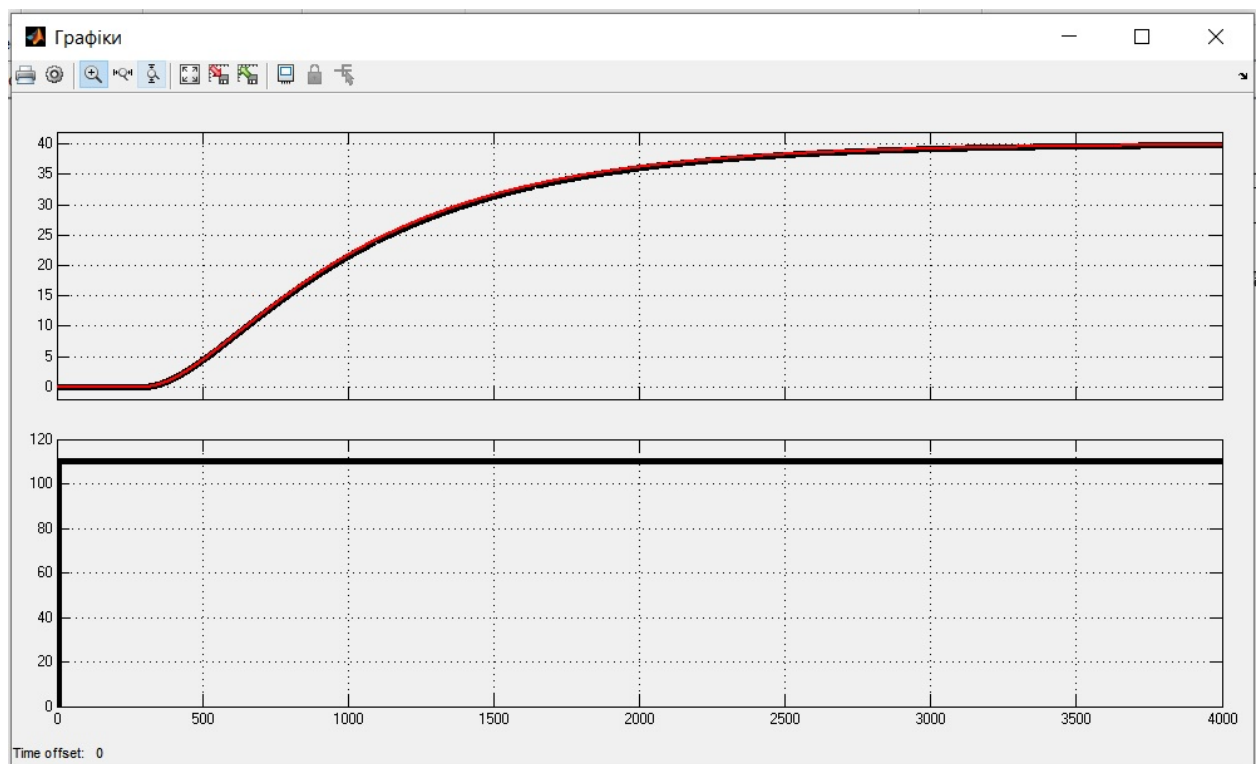


Рисунок 3.9 – Графіки цифрової та безперервної моделей

Порівняння результатів моделювання безперервної та цифрової моделі виконано за допомогою метода нормованого середньоквадратичного відхилення, що розраховано за допомогою середовища Matlab

```
goodnessOfFit(ModelDiscret, ModelContinuous, 'NRMSE') * 100.0
ans = 98.7.
```



Моделі збігаються на 98,7 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення керуючого пристрою системи керування та перевірки його функціонування.

### **3.5 Розробка алгоритму функціонування системи керування**

Розробка прикладного програмного забезпечення починається з розробки алгоритму керування. Розробка алгоритму керування виконується відповідно до функціональних вимог до системи автоматизації. Потім відповідно до розробленого алгоритму керування виконується створення програмного забезпечення. Програма завантажується в модуль центрального процесора контролера.

Алгоритм роботи системи є замкнутим лінійним алгоритмом якій містить цикли і розгалуження. Він має одну точку входу і не має точок виходу це означає, що робота програми триває поки подається живлення до контролера.

Робота в кожному стані полягає в циклічному почерговому аналізі логічних умов даного стану. Якщо стан вхідних змінних збігається з певною логічною умовою, то виконуються відповідні команди. В іншому випадку - проводиться аналіз наступної логічної умови. Після перевірки всіх логічних умов поточного стану, програма переходить в наступний стан. Так здійснюється циклічний аналіз всіх існуючих логічних умов, що визначають необхідний режим роботи системи та вироблення відповідних керуючих сигналів.

Програмне забезпечення системи складається з основної програми і підпрограм які виконують окремі завдання. У кваліфікаційній роботі розглядається частина програмного забезпечення системи керування комплексом сушіння зерна. Логічна структура програми керування температурою представлена у вигляді граф-схеми алгоритму на рис. 3.10.

Керуюча програма розділена на 4 стани (S0 ... S3).



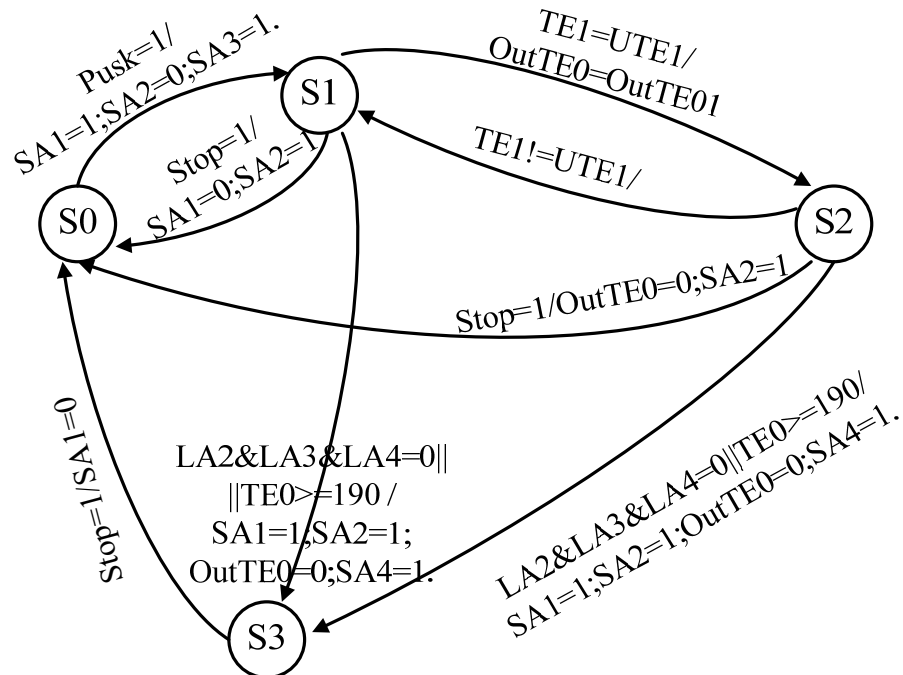


Рисунок 3.10 – Граф-схема алгоритму роботи системи керування транспортуванням зерна через зерносушарку

Опис станів системи автоматизації процесу керування транспортуванням, нагріву зерна починається зі стану S0 це початковий стан коли контролер працює над перевіркою наявності аварійної ситуації, до натискання кнопки «ПУСК». Робота системи починається з натискання кнопки «ПУСК» при цьому виконується перехід у Стан S1. Якщо відсутня аварійна ситуація, то включається передпускова сирена та завдання температури агента сушіння передається у пальник. Система знаходиться у стані S1 коли температура зерна не відповідає завданню, але відсутня аварія.

У стані S2 «Температура зерна відповідає завданню» відбувається підтримка значення температури агенту сушіння при якому температура зерна відповідає завданню.

При виникненні аварійної ситуації відбувається перехід в стан S3 «Аварія». Перехід у стан «Аварія» можливий зі станів S1 та S2 графа за умови аварії, що означає відсутність зерна у надсушильному бункері ( $LA2 \& LA3 \& LA4 = 0$ ) або значення температури агенту сушіння перевищує  $TE0 \geq 190$  °C. При цих умовах вмикається звукова сигналізація або дзвінок



(SA1=1), вимикається пальник, шліхом пересилання нулевого значення температури агенту сушіння ( $OutTE0=0$ ), вмикається клапан відсічки подачі палива у топку (SA2=1), зачиняється засувка подачі зерна (SA4=1) у зерносушарку.

Зі станів S1, S2, S3 натисканням кнопки «СТОП» можливо перейти до стану S0. При натисканні кнопки «СТОП» спрацьовує клапан відсічки палива для топки, закривається засувка подачі зерна у зерносушарку.

### **3.6. Висновки по розділу**

При транспортуванні зерна пшениці з міцною клейковиною через зерносушарку шахтного типу ДСП32 для каналу керування «Температура агенту сушіння – температура зерна» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку другого порядку з запізненням 294 секунд. Дослідження об'єкту керування графічним методом по вихідній характеристиці перехідного процесу після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 1500 с., час встановлення складає приблизно 2200 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 98,7 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

Розроблено схему алгоритму роботи системи керування транспортуванням зерна через зерносушарку ДСП32, що містить чотири стани.



## 4 Економіка

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизації процесу підтримання температури в автоклаві

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

У цьому розділі кваліфікаційної роботи приведено економічне обґрунтування доцільності використання автоматизованої системи керування транспортуванням зерна через зерносушарку ДСП32.

Автоматизована система забезпечує:

- спостереження за процесом від самого початку і до кінця за допомогою зручного інтерфейсу;
- постійний контроль за протіканням технологічного процесу;
- енерго- та ресурсозбереження;
- збільшує продуктивність виробництва, та скорочує час підготовки обладнання до процесу виробництва.

Для того, щоб визначити економічну ефективність впровадження даної системи замість застарілої базової, проведемо розрахунки річних витрат та прибутків.

### 4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням системи керування. Визначення проектних капітальних витрат проводиться за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{об}} + D_{\text{тр}} + M_{\text{мн}} \quad (4.1)$$

де  $C_{\text{об}}$  – витрати на комплектуючі вироби;

$D_{\text{тр}}$  – витрати на транспортно-заготівельні витрати;



$M_{\text{мн}}$  – витрати на монтаж і налагодження системи.

Вартість використаних комплектуючих наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість комплектуючих системи

№ п/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Одиниця виміру	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн.
1	Контролер VIPA 313-5BF13	од.	1	21320	21320
2.	Модуль VIPA 322-5FF00	од.	1	3900	3900
3	Модуль живлення PS307-1EA00 (5A) (AC220 V/ DC24 V, 5 A)	од.	1	3170	3170
4	Датчик температури	од.	1	690	690
5	Кабель КВВГ 4х1, 20 (м)	м	15	16	240
6	Кабель КПВВ-ВП 4х2х0.51	м	10	15	150
					<b>29470</b>

Витрати на транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються по всіх розділах в залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$D_{\text{тр}} = C_{\text{об}} \times 0,08 \quad (4.2)$$

де  $C_{\text{об}}$  – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$$D_{\text{тр}} = 29470 \times 0,08 = 2357,6 \text{ грн.}$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 7% від вартості обладнання.

$$M_{\text{мн}} = C_{\text{об}} \times 0,07 \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{мн}} = 29470 \times 0,07 = 2062,9 \text{ грн.}$$

### 4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

#### 4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується за формулою:



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

де  $t_o$  - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

$t_u$  - витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;

$t_a$  - витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;

$t_n$  - витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;

$t_{от}$  - витрати праці на налаштування програм на ЕОМ;

$t_g$  - витрати праці на підготовку документації по завданню.

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

Умовне кількість операторів у програмі:

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

де  $q$  – кількість операторів, які у програмі, приймаємо  $q = 42$  (виходячи з ПЗ на мові Matlab);

$c$  – коефіцієнт складності програми;

$p$  – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки.

Коефіцієнт складності «с» програми визначає відносну складність програми по відношенню до типового завданням, складність якого відповідає. Приймаємо  $c=1,35$ .

Коефіцієнт корегування програми «р» визначає збільшення обсягу робіт за рахунок внесення змін в алгоритм або програму в результаті уточнення постановки завдання. Величина  $p$  приймемо рівною 0,1.

Таким чином, для програми, описаної в кваліфікаційній роботі:

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

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в даній кваліфікаційній роботі складають 35 люд.-годин.

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



$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.6)$$

де  $B$  - коефіцієнт збільшення витрат праці приймаємо  $B = 1,5$ ;  
 $k$  - коефіцієнт кваліфікації програміста, які визначається залежно від стажу роботи за спеціальністю.

У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації програміста становить  $k=1,2$ .

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_u = \frac{62.37 \cdot 1.5}{80 \cdot 1.2} = 1 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання визначаються за формулою:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.7)$$

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_a = \frac{62,37}{20 \cdot 1.2} = 3 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі алгоритму визначаються за формулою:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.8)$$

Для розроблювального програмного продукту:

$$t_n = \frac{62,37}{20 \cdot 1.2} = 3 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ розраховуються за формулою:

$$t_{\text{нал}} = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k}, \text{ люд.-ГОДИН} \quad (4.9)$$

Для конкретного програмного продукту:

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються за формулою:



$$t_d = t_{dp} + t_{до}, \text{ люд.-год}, \quad (4.10)$$

де  $t_{dp}$  – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{до}$  – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

$$t_{dp} = Q/(15...20) \cdot k, \quad (4.11)$$

$$t_{до} = 0,75 t_{dp} \quad (4.12)$$

$$t_{до} = 0,75 * 2,88 = 2 \text{ люд.-год.}$$

Для програмного забезпечення, що розроблено в кваліфікаційної роботі:

$$t_d = 3 + 2 = 5 \text{ люд.-год.}$$

Трудомісткість розробки програмного забезпечення становитиме:

$$t = 30 + 1 + 3 + 3 + 10 + 5 = 57 \text{ людино-годин.}$$

#### 4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту

Витрати на розробку програмного продукту включають витрати на заробітну плату розробника програми  $З_{zp}$  і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ  $З_{mi}$

$$К_{пз} = З_{zp} + З_{mi}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

$$З_{zp} = t C_{пр}, \text{ грн.} \quad (4.14)$$

де  $t$  – загальна трудомісткість обробки програмного забезпечення;

$C_{пр}$  – середня годинна тарифна ставка програміста становить:

$$C_{пр} = 100 \text{ грн./час.}$$

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення дорівнює:

$$З_{zp} = 100 * 85 = 8500 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$З_{mv} = t_{нал} C_{мч}, \text{ грн.} \quad (4.15)$$

де  $t_{нал}$  – трудомісткість налагодження програми на ЕОМ, людино-годин;

$C_{мч}$  - вартість машино-години ЕОМ, грн. / год ( $C_{мч} = 10 \text{ грн. / год}$ ).

$$З_{mv} = 10 * 10 = 100 \text{ грн.}$$



Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становитимуть:

$$K_{ПЗ} = 8500 + 100 = 8600 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

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

де  $B_k$  – кількість розробників, так як програма в кваліфікаційні роботі розроблялася однією людиною, то  $B_k = 1$ ;

$F_p$  – місячний фонд робочого часу ( $F_p = 176$  годин).

Визначимо тривалість розробки ПЗ:

$$t_{\text{нал}} = \frac{57}{1 \cdot 176} = 0,32 \text{ міс.}$$

Розрахувавши всі показники використовуємо формулу 4.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 29470 + 2357,6 + 2062,9 + 8600 = 42490,5 \text{ грн.}$$

Вартість системи керування, що знаходиться в експлуатації становить 23000,0 грн.

Використовувана система в розрахунках прийнята за базовий варіант.

$$\Delta K = K_{\text{пр}} - K_{\text{баз}} = 42490,5 - 23000,0 = 42490,5 - 19490,5 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$C_e = C_a + C_z + C_{\text{ВКП}} + C_{\text{р.о.}} + C_{\text{еє}} + C_{\text{інш}}, \quad (4.17)$$

де  $C_e$  - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування;  $C_a$  - амортизація основних фондів;  $C_z$  - заробітна плата обслуговуючого персоналу;  $C_{\text{інш}}$  - відрахування на соціальні заходи;

$C_{\text{р.о.}}$  - витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання;

$C_{\text{еє}}$  - 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 3 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається за формулою:

$$H_a = (2 / T) * 100\% \quad (4.18)$$

де  $T$  – термін корисного використання об'єкта;

$H_a$  – норма амортизації.

$$C_a = (ПВ * H_a) / 100\%, \quad (4.19)$$

де  $C_a$  – амортизація основних фондів (річна);

$ПВ$  – первинна вартість, дорівнює капітальним витратам  $ПВ = K$ .

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складе:

$$H_a = (2/3) * 100\% = 66\%$$

Сума амортизації для проектованої і базової системи становитиме:

$$C_{a.пр} = 42490,5 * 0,66 = 28043,73 \text{ грн.}$$

$$C_{a.баз} = 23000,0 * 0,66 = 15180 \text{ грн.}$$

#### 4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{ном.рік}} = (T_k - T_{\text{вих.св}} - T_{\text{відп}}) * T_{\text{зм}}, \text{ ГОДИН} \quad (4.20)$$

де  $T_k$  – календарний фонд робочого часу, 365 днів;  $T_{\text{вих.св}}$  – вихідні дні та свята, 114 дні;  $T_{\text{відп}}$  – відпустка, 21 день;  $T_{\text{зм}}$  – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:



$$T_{ном, рік} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1\,840 \text{ годин.}$$

Для керування процесом задіяні 1 оператор, 2 технологи і 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, чол.	Годинна тарифна ставка, грн. / ч.	Номінальний річний фонд робочого часу (годину)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
	Налад. електро-обладнання	1	30	1840	66500	5520	4655	76675
	Технолог	2	28	1840	105100	10310	7357	122767
	Інженер-електронщик	1	32	1840	74880	7488	5241,6	87610
	Разом							287051,6

$$C_{з.пр} = C_{з.баз} = 287051,6 \text{ грн.}$$

#### 4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_{спер} = 0,18 * C_z \quad (4.21)$$

$$C_{с.пр} = C_{с.баз} = 0,18 * 287051,6 = 51669,29 \text{ грн.}$$

#### 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:

$$C_{то.тр} = 0,05 * K \quad (4.22)$$

$$C_{р.о.пр} = 0,05 * 42490,5 = 2124,53 \text{ грн.}$$

$$C_{р.о.баз} = 0,05 * 23000,0 = 1150 \text{ грн.}$$



#### 4.4.5 Витрати на електроенергію

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e * K_{др} * ds * T \quad (4.23)$$

де  $K_e$  – кількість електроенергії, спожите проектованою системою керування за годину, 0,4 кВт \* год;  $K_{др}$  – кількість робочих днів у році ( $K_{др} = 365 - 114 = 251$  день);  $ds$  – тривалість зміни, 8 годин;  $T$  – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн. за кВт без ПДВ. З урахуванням ПДВ тариф  $T = 2,26 * 1,2 = 2,712$  грн).

$$C_{ee.пр} = 0,4 * 251 * 8 * 2,712 = 2178,28 \text{ грн.}$$

Кількість електроенергії, спожите системою керування, що знаходиться в експлуатації – 0,5 кВт \* год

$$C_{ee.баз} = 0,5 * 251 * 8 * 1,96 = 1967,84 \text{ грн.}$$

#### 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:

$$C_{інш} = C_3 * 0,04 \text{ грн.} \quad (4.24)$$

$$C_{інш.пр} = C_{інш.баз} = 287051,6 * 0,04 = 11482,06 \text{ грн.}$$

За формулою 4.17 розраховуємо річні експлуатаційні витрати для проектного та базового варіантів:

$$C_{пр} = 28043,73 + 287051,6 + 51669,29 + 2124,53 + 2178,28 + 11482,06 = 382549,49 \text{ грн.}$$

$$C_{баз} = 15180 + 287051,6 + 51669,29 + 1150 + 1967,84 + 11482,06 = 368500,79 \text{ грн.}$$



Таблиця 4.3 – Експлуатаційні витрати

Назва показника	Базовий варіант	Проектний варіант
Амортизація	15180	28043,73
Фонд заробітної плати	254031	254031
Відрахування на соціальні виплати	51669,29	51669,29
Ремонт та технічне обслуговування	1150,3	2124,53
Електроенергія	1967,8	2178,3
Інше	11482	11482
<b>Загалом</b>	<b>368500,79</b>	<b>382549,49</b>

Таким чином, економія експлуатаційних витрат становитиме:

$$\Delta C = C_{\text{пр}} - C_{\text{баз}}, \text{ грн.} \quad (4.25)$$

$$\Delta C = 382549,49 - 368500,79 = 14\,048,7 \text{ грн.}$$

#### 4.5 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування

Середньодобове збільшення виходу готової продукції при впровадженні розробленої системи керування складе 7%, за рахунок зниження простоїв обладнання.

Визначимо додатковий прибуток від впровадження проекрованої системи керування:

$$\Delta\Pi = (C_{\text{пр.}} - S_{\text{пр.}}) \times Q_{\text{пр}} - (C_{\text{баз.}} - S_{\text{баз.}}) \times Q_{\text{баз.}}, \quad (4.26)$$

де  $S_{\text{пр.}}$ ,  $S_{\text{баз.}}$  – Собівартість обробки 1 т. продукції за проектним і базовим варіантами, грн. (50 грн. та 60 грн.);  $C_{\text{пр.}}$ ,  $C_{\text{баз.}}$  – Ціна за 1 т. продукції, грн.;  $Q_{\text{пр.}}$ ,  $Q_{\text{баз.}}$  – обсяг виробництва продукції, кг (на даний момент продуктивність обробки становить 100 т. на добу).

При 251 робочому дні обсяг виробленої продукції складе:

$$Q_{\text{баз.}} = 100 \times 251 = 25100 \text{ т./рік.}$$

При впровадженні системи керування:

$$Q_{\text{пр.}} = 1,07 \times 100 \times 251 = 26857 \text{ т./рік.}$$

Додатковий прибуток від впровадження системи керування

$$\Delta\Pi = (60 - 50) \times 26857 - (60 - 50) \times 25100 = 17570 \text{ грн.}$$



#### 4.6 Оцінка економічної ефективності проекту

Визначимо показники економічної ефективності проекрованої системи керування:

- річний економічний ефект:

$$E = \Delta\Pi - \Delta C - \Delta K * E_{\pi} > 0 \quad (4.27)$$

- економічна ефективність:

$$E_{\Gamma} = \Delta\Pi - \Delta C \quad (4.28)$$

- і термін окупності розробки:

$$T_{ок} = \Delta K / E_{\Gamma} \quad (4.29)$$

$$E_{\pi} = (N_{кр} - N_{инф}) / 100 \quad (4.30)$$

де  $N_{кр}$  – річна процентна ставка, %;  $N_{инф}$  – річний рівень інфляції, %.

В якості нормативного значення приймемо величину банківської кредитної ставки  $N_{кр}$  (18%) з урахуванням інфляції  $N_{инф}$  (1,2%), тобто:

$$E_{\pi} = (18 - 1,2) / 100 = 0.168.$$

$$E = 17570 - 14\,048,7 - 0,168 * 19490,5 = 17130,32 \text{ грн.}$$

$$E_{\Gamma} = 17570 - 14\,048,7 = 3\,521,3 \text{ грн.}$$

$$T_{ок} = 19490,5 / 17130,32 = 1,14 \text{ року.}$$

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

$$\epsilon = E_{\Gamma} / \Delta K \quad (4.31)$$

Коефіцієнт ефективності становить:

$$\epsilon = 3521,3 / 19490,5 = 0,18$$

Отже, при впровадженні системи керування 1 грн. капітальних витрат приносить 0,18 грн. прибутку.

Економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання розробленого проекту 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.	23000,0	42490,50
Експлуатаційні витрати, всього	грн.	368500,79	382549,49 -
В тому числі: - амортизація	грн.	15180	28043,73
- заробітна плата обслуговуючого персоналу	грн.	254031	254031
- відрахування на соціальні заходи	грн.	51669,29	51669,29
- технічне обслуговування та поточний ремонт системи керування	грн.	1150,3	2124,53
- вартість споживаної електроенергії	грн.	1967,8	2178,3
- інші витрати	грн.	11482	11482
Додатковий прибуток	грн.	-	17130,32
Річний економічний ефект	грн.	-	17274,8
Коефіцієнт ефективності			0,18
Термін окупності капітальних вкладень	років	-	5,55

#### 4.7 Висновки

На етапі впровадження розробленої системи капітальні витрати складають 42,5 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 382,6 тис. грн. Розрахований термін окупності складає 5,5 років. Виходячи з отриманих результатів, можливо зробити висновок, що впровадження автоматизованої системи керування є економічно вигідно.



## **5 Охорона праці**

### **5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів**

При експлуатації технологічного обладнання зерносушильних комплексів необхідно враховувати виникнення потенційно шкідливих і небезпечних факторів, до яких відносяться:

- отримання травм рухомими і обертовими частинами транспортерів, вантажопідйомного та транспортного обладнання;
- ураження електричним струмом при торканні до металевих корпусів;
- отримання теплових опіків при виконанні робіт по сушці зерна;
- наявність на території зерносушильного комплексу пилоподібних забруднень.

Основною причиною травматизму при виконанні робіт і обслуговуванні зерноочисних агрегатів і комплексів є порушення правил техніки безпеки. Тому суворе дотримання правил техніки безпеки є обов'язковим.

Всі операції обслуговування зерносушарки треба виконувати при і вимкненому обладнанні. Пуск і зупинку виробляти по заздалегідь встановленим і відомим всьому обслуговуючому персоналу сигналам.

Об'єкт управління має сумарну споживану потужністю 386,7 кВт та живиться від трансформаторної підстанції потужністю 400 кВ з кабельною лінією електропередачі 0,38 кВ, довжиною 150 м. Мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Стан безпеки праці характеризується показниками, які дозволяють оцінити стан травматизму на даному підприємстві. Такими показниками є коефіцієнт частоти (Кч) і коефіцієнт тяжкості (Кт), які визначаються за останні три роки.



Таблиця 5.1 – Розподіл коефіцієнтів частоти та тяжкості

Років	Середня кількість працівників	Кількість жертв	Втрачені робочі дні	С		Кт	
				По господарству	За регіонами	По господарству	За регіонами
2018	37	1	24	27	11,0	24	20,1
2019	34	0	0	0	11,2	0	23,3
2020	32	0	0	0	12,0	0	22,6

За результатами аналізу нещасних випадків на сільськогосподарському підприємстві видно, що в цілому по господарству кількість нещасних випадків знижується. Для забезпечення найбільшої безпеки праці необхідно виконати ряд заходів, таких як:

- своєчасно проводити технічний огляд та обслуговування машин і обладнання;
- регулярно проводити навчання працівників, особливо молодих, по оволодінню безпечними прийомами праці;
- здійснювати контроль за дотриманням технологічних процесів;
- механізувати якомога більше процесів виробництва;
- не допускати робочих до виконання своєї роботи без вступного інструктажу та інструктажу на робочому місці;
- проводити атестацію працівників на знання охорони праці, техніки безпеки і пожежної безпеки під час виконання робіт.

## 5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Для зменшення і виключення впливу небезпечних і шкідливих факторів на робітників, при роботі і обслуговуванні зерноочисних агрегатів і комплексів необхідний здійснити цілий комплекс заходів з охорони праці.

Всі операції обслуговування зерносушарки треба виконувати при і вимкненому обладнанні. Пуск і зупинку виробляти по заздалегідь встановленим і відомим всьому обслуговуючому персоналу сигналам.

При виконанні ремонтних операцій або технічного обслуговування необхідно користуватися запобіжними окулярами. Гайкові ключі повинні



відповідати розмірам гайок і головок болтів і не мати тріщини, надлому. Не можна застосовувати підкладки, нарощувати ключ трубою або один ключ іншим, в цьому випадку ключі можуть легко зіскочити і спричинити травми. Забороняється бити молотком по ключу. На гострі неробочі кінці таких інструментів, як напилки, шабери, викрутки повинні бути насаджені міцні, гладкі і закруглені рукоятки з металевими кільцями, закріпленими на рукоятках з боку інструментів.

Запиленість робочої зони - нетоксична, і впливає на організм людини через органи дихання, зору, шкірний покрив. Вона створюється при проведенні всіх польових робіт, особливо в суху погоду, а також в період збирання врожаю.

Надмірна загазованість на робочому місці, наприклад в приміщенні з тепловою установкою, може послужити причиною отруєння. Основний шкідливий і небезпечний для здоров'я людини газ, з яким можливий його контакт - окис вуглецю.

Виробничий процес пов'язаний з початковою стадією переробки вимагає санітарних заходів тому не рідше 1 разу на добу проводиться вологе прибирання приміщення цеху з використанням дезінфікуючих та знежирючих розчинів для харчової промисловості Flamil-75, розведеним з водою в пропорції 1:200. Щотижня проводиться чистка поверхонь обладнання розчином Flamil-75 розбавленим з водою в пропорції 1:10 з подальшим змивом залишків розчину. Персонал в виробничому цеху знаходиться в спецодязі, що складається з костюма робочого х/б світлих тонів, каски «Універсал», рукавичок, туфель робочих без шнурків, літніх, ступеня захисту SB. Роботи з деталями і механізмами великої маси проводити в брезентових рукавицях. Прибирання приміщення і чистку частин механізмів проводити в рукавичках стерильних латексних [20].

Для боротьби з пилом і мікроорганізмами в повітрі робочої зони система вентиляції ділянки забезпечується змінними фільтрами класу G4, а кондиціонер кімнати оператора - фільтром Daikin MC707, що має



бактерицидний шар. Всі технологічні установки забезпечені системою технологічної аспірації з установкою осадження пилу Циклон-ЦН-15-800. Всі технологічні установки, бункера, шнеки забезпечені закритими технологічними ємностями. При розтині корпусів обладнання, а також веденні робіт з ремонту та обслуговування обладнання персоналу використовувати респіратори ЗМ 8812.

Техніка безпеки при обслуговуванні зерноочисних агрегатів і комплексів полягає в дотриманні правил і норм технічної та пожежної безпеки при експлуатації технологічного обладнання сушарок, підйомно-транспортного, енергетичного та іншого обладнання.

До обслуговування обладнання допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку і проінструктовані відповідно до вимог безпеки, викладених в керівництві з експлуатації та в інструкціях з техніки безпеки.

Експлуатація всіх агрегатів допускається тільки в справному стані. Особливо ретельно необхідно контролювати справність пічного і електрообладнання, контрольно-вимірювальних пристроїв.

Роботи всередині бункерів і завальної ями проводити в респіраторах, окулярах і рукавицях.

Необхідно дотримуватися температурного режиму установки. Температура повітря, що подається в бункер, не повинна перевищувати величини, встановленої інструкцією.

Роботи в бункері повинні проводитися бригадою в складі 3 чоловік з дозволу особи, яка призначена адміністрацією відповідальним за безпечну роботу агрегату.

Перед спуском в бункер необхідно відключити його примусове вентилювання і примусову циркуляцію зерна.

Спуск в бункер або в завальну яму дозволяється тільки з надітим страхувальним поясом і прив'язаною до нього мотузкою, перевіреною і випробуваною на розрив зусиллям 200 кг.



Щодня в кінці зміни обладнання і приміщення слід очищати, видаляючи розсипане зерно, пил бруд. Скупчення пилу на обладнанні, майданчиках і конструкціях не допускається.

Забороняється під час роботи сушарки:

- відкривати оглядові та технологічні люки і кришки, проводити будь-які роботи з прочищення каналів, ремонту,
- залишати обладнання без нагляду.

Для запобігання можливості ураження електричним струмом робочої і обслуговуючого персоналу все металеві частини електрообладнання, а також металеві конструкції сушарки, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції електропроводів, повинні бути надійно заземлені.

Тип, кінематичне виконання і ступінь захисту електрообладнання сушарки повинні відповідати номінальній напрузі 380 В, характером її роботи і умов навколишнього середовища.

Захист електродвигунів і кабелю живлення стенду від струму короткого замикання та перевантажень здійснюється тепловими реле і плавкими запобіжниками, підключеними до силового ланцюга живлення сушарки, і в разі виникнення аварійних ситуацій відключають електродвигуни агрегатів сушарки від електроживлення. Після закінчення робіт електрообладнання відключається від електромережі головним рубильником.

Вся апаратура відкритого виконання (рубильники, запобіжники тощо) повинна бути встановлена в закритих на замок металевих конструкціях або мати попереджувальні написи і знаки.

В процесі зливна-наливних операцій з маслом застосовуються спеціальні з'єднання і пристрої (слив-налив залізничних цистерн, автоцистерн і т.п.). Все технологічне обладнання, включаючи пересувні засоби, заземлюється і з'єднується в єдиний електричний ланцюг підключення сполучних пристроїв з метою вирівнювання потенціалу, щоб



уникнути іскроутворення між приєднувальними і прийомними частинами сполучних пристроїв.

Для захисту маслоналивної ємності від ударів блискавок виконується блискавкозахист згідно для II категорії наливних споруд. Блискавкозахист виконана двома одинарними струмовими заземлювачами по одному на кожну лінійку терміналу зі стійками на покрівлі кожної ємності. Стійки встановлюються у верхній точці ємності над дихальним клапаном і мають висоту 3 м. Кожна стійка блискавкозахисту забезпечена двома струмовідводами круглого перетину діаметром 6 мм, розташованими з протилежних сторін по периметру лінійок ємності через кожні 12 м.

Ємності з'єднані зі своїми струмовідводами у двох точках, утворюючи єдиний електричний ланцюг.

В якості заземлювачів блискавкозахисту для кожної наливної ємності терміналу використовуються залізобетонні підземні конструкції - технологічні приміщення, які мають стіни і підлогу, загальною висотою 4,5 м.

У місцях з'єднання струмовідводів з залізобетонними конструкціями приварене по одному горизонтальному променевому електроду діаметром 10 мм довжиною 3 м, розташованому на глибині 0,7 м.

Всі підземні конструкції об'єднанні з маслоналивною ємністю у двох точках електродами діаметром 10 мм, розташованими на глибині 0,7 м.

У всіх ємностях заземлювач захисту від прямих ударів блискавки об'єднаний з заземлювачем захисту від електростатичних впливів і заземлювачем електроустановок відповідно до вимог. Між трубопроводами та іншими протяжними металевими конструкціями в місцях їх зближення на відстань менше 10 см через кожні 30 м повинні виконані перемички у вигляді металевого троса діаметром не менше 6 мм.



### 5.3 Пожежна профілактика

Приміщення з вибухопожежної безпеки [21] відноситься до категорії Б (вибухопожежонебезпечна, присутній горючий пил, газу з температурою спалаху більше 28 °С, в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при загоранні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа).

Вогнестійкість приміщення по таблиці меж вогнестійкості будівельних конструкцій С1. При цьому стіни і підлога непожежнонебезпечні і відповідають К0, стеля – малопожежонебезпечні - К1 [20].

Територія приміщення повинна постійно утримуватися в чистоті, сміття систематично вивозити на спеціально відведені ділянки. Паління і застосування відкритого вогню в приміщенні категорично забороняється, про що на видних місцях необхідно вивісити чіткі написи. Паління допускається тільки в спеціально відведеному місці на території підприємства.

Основними причинами пожеж при обслуговуванні зерноочисних агрегатів і комплексів є іскри, що вилітають з труб печей, необережне поводження з вогнем, порушення заходів протипожежної безпеки. Тому при обслуговуванні зерноочисних агрегатів і комплексів та особливо на збиранні потрібно весь час стежити за справністю електрообладнання, а також наявність справного іскрогасника на трубі печі. При огляді та проведенні технічного обслуговування сушарки в темний час користуються тільки електричним освітленням

Для забезпечення безпеки роботи оператора і сушарки необхідно дотримуватися таких основних правил:

- за протипожежний захист зерносушарки відповідає оператор;
- інструкцію з протипожежної безпеки слід вивісити в пультовій;
- інструктаж по роботі на сушарці проводити щомісяця під час її експлуатації, позначку про інструктаж фіксувати в «Журналі оператора».



Відмітки про технічне обслуговування фіксувати в «Журналі проведення технічного обслуговування обладнання». На майданчику, де знаходиться сушарка, повинні бути встановлені:

- бочка або водойма з водою, відра, вогнегасники, ящики з піском, пожежний інвентар (багри, лопати та ін.). Засоби пожежогасіння розміщують на видних і доступних місцях;
- необхідно стежити за справністю засобів пожежогасіння (водопровід, вогнегасник і т.д.). Забороняється використовувати інвентар для господарських цілей.

З метою попередження виникнення вогнищ загорання сушарки необхідно під час роботи строго стежити за температурним режимом і не допускати роботи сушарки без термодатчиків і датчиків рівня зерна в шахті.

Не можна допускати до сушіння вихідний матеріал, засмічений домішками більш допустимого значення, особливо соломистого.

Не можна допускати прокидання матеріалу у відвідні канали, залипання пилу на панелях шахти і дротах протипожежної системи, а також зависання бур'янів домішок в відвідних коробах.

Під час пожежі забороняється заливати водою топковий блок.

Для забезпечення пожежної безпеки в приміщенні сушарки передбачаються наступні засоби пожежогасіння: водозабірний кран, два ящика з піском, лопата, сокира, вогнегасник ВП-3, брезент.

#### **5.4 Висновки по розділу**

У цьому розділі кваліфікаційної роботи для процесу транспортування зерна через зерносушарку ДСП32 виконано:

- аналіз шкідливих та небезпечних факторів процесу сушіння зерна;
- розроблено інженерно-технічні заходи з охорони праці;
- розроблено план дій щодо протипожежної профілактики.



## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи складено висновки:

Відповідно до вимог системи керування транспортування зерна через зерносушарку ДСП32 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 при транспортуванні зерна пшениці з міцною клейковиною через зерносушарку шахтного типу ДСП32 для каналу керування «Температура агенту сушіння – температура зерна» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку другого порядку з запізненням 294 секунд. Дослідження об'єкту керування графічним методом по вихідній характеристиці перехідного процесу після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 1500 с., час встановлення складає приблизно 2200 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 98,7 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

Розроблено схему алгоритму роботи системи керування транспортуванням зерна через зерносушарку ДСП32, що містить чотири стані.

На етапі впровадження розробленої системи капітальні витрати складають 42,5 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 382,6 тис. грн. Розрахований термін окупності складає 5,5 років. Виходячи з отриманих результатів, можливо зробити



висновок, що впровадження автоматизованої системи керування є економічно вигідно.

У розділі охорона праці кваліфікаційної роботи для процесу транспортування зерна через зерносушарку ДСП32 виконано:

- аналіз шкідливих та небезпечних факторів процесу сушіння зерна;
  - розроблено інженерно-технічні заходи з охорони праці;
- розроблено план дій щодо протипожежної профілактики.



## 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. Горелка МДГГ. — Режим доступа: [http://gorelka.com.ua/ru/gorelka\\_mdgg\\_foto.html](http://gorelka.com.ua/ru/gorelka_mdgg_foto.html) — 01.06.2021 р.
4. Засувка електрогвинтова 300х300. — Режим доступа: <https://tora.uaprom.net/p597303895-zadvizhka-elektrovintovaya-300h300.html>— 01.06.2021 р.
5. 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.
6. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2004. — [Чинний від 2004-05-28].— К. : Держспоживстандарт України, 2004. — 16 с. — (Національний стандарт України)
7. Сигналізатор рівня сипучих матеріалів СУМ-1. — Режим доступа: <https://electrokom.kiev.ua/product/signalizator-urovnya-sum-1-u2> — 01.06.2021 р.
8. Термоперетворювач ОВЕН. — Режим доступа: <https://owen.ua/ru/datchiki/dtsxxx5m-i-termosoprotivlenija-s-vyhodnym-signalom-4-20-mA>. — 01.06.2021 р.
9. Колесов Л.В. Экспериментальное обоснование совершенствования процесса сушки в шахтных зерносушилках / Л.В. Колесов, Н.М. Андрианов // Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна: Сб. науч. трудов ЛСХИ.— Л.,1988.—с.69—81.
10. Фролов С.В. Тенденції розвитку систем управління технологічними процесами // Прилади і системи управління. - 1996.-№ 9. - С. 6-8.
11. Іцкович Е.Л. Класифікація мікропроцесорних програмно технічних комплексів // Промислові АСУ та контролери. - 1999. - №10



12. Скурихин В.І., Дубровський В.В., Шифрін В.Б. АСУ ТП: Автоматизація проектування комплексу пристроїв автоматики. - Київ: Наукова думка, 1981.- 284с.
13. Анашкин А.С., Кадиров Е.Д., Харазі В.Г. Технічне і програмне забезпечення розподільчих систем управління. - СПб .: «П-2», 2004. - 368с.
14. Технічні засоби АСУ ТП. Засоби централізованого контролю і регулювання. Мікропроцесорні контролери РЕМИКОНТ і ЛОМІКОНТ // Інформприбор. - М., 1991. - 56 с.
15. Діденко К.І. Проектування агрегатних комплексів технічних засобів для АСУ ТП. - М .: Вища школа, 1984. - 168с.
16. 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.
16. Блек Ю. Мережі ЕОМ: протоколи, стандарти, інтерфейси. - М .: Світ, 1990. -510 с
17. Алексейчук А.А., Грепенюк Е.А., Іцкович Е.Л. Сучасні АСУП: їх вибір для конкретних підприємств // Промислові АСУ та контроллери.- 2003. - №6.
18. Іцкович Е.Л. Вибір пакета візуалізації вимірювальної інформації (SCADA - програми для конкретної системи автоматизації виробництва) // Прилади і системи управління. - 1996. - №10.
19. Різьбярів А.Ф. і ін. Моделі і алгоритми постановки задач розробки АСУ промисловими об'єктами // Пісу. - 2006. - №9. - С. 64-67.
20. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
21. 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.



22. ГОСТ 12-0-003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
23. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
24. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
25. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования
26. Матвейкін В.Г., Фролов С.В., Шехтман М.Б. Застосування SCADA-систем при автоматизації технологічних процесів. - М .: Машинобудування, 2000.- 176с.



[illegible]



**ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАХ І ПІДРОЗДІЛАХ  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**