

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

Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Єфименко Владислав Романович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-20ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу сушіння зерна у зерносушарці ДСП-32

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Провідний консультант	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	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2023

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

Бублік А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр**

студенту Єфименко В.Р. академічної групи 151-20ск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу сушіння зерна у зерносушарці ДСП-32 затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 328-с від 08.05.2023 р

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.	08.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	15.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	22.06.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	29.06.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2023

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

доц. Соснін К.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

06.03.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії

30.06.2023

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Єфименко В.Р.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 78 стор., 28 рис., 11 табл., 1 дод.

Об'єкт дослідження – система автоматизованого керування сушінням зерна у шахтній прямоточній двоступеневій зерносушарці ДСП-32.

Предмет дослідження – методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні нагрівом зерна у зерносушарці.

Мета роботи - підвищення якості процесу керування сушінням зерна у сушарці ДСП-32, шляхом ідентифікації об'єкту керування та розробки документів проекту системи автоматизованого керування.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії.

Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення системи керування.

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматичного керування зерносушаркою ДСП-32, та розглянуті загальні відомості про використання зерносушарок, аналіз небезпечних і шкідливих чинників робочого місця, розроблені заходи з безпеки праці та виконано розрахунок ризику опіку.

**ЗЕРНОСУШАРКА ДСП-32 , НАСІННЯ СОНЯШНИКУ, ТЕМПЕРАТУРА,
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ГАЗОВИЙ ПАЛЬНИК, ДОСЛІДНИЦЬКА СИСТЕМА,
ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ**

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Стан питання та постановка завдання	7
1.1 Галузь промисловості	7
1.2 Технологічний процес	8
1.3 Об'єкт керування	11
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	11
1.4 Принцип функціонування об'єкту керування	17
1.5 Постановка завдання	18
1.6 Висновки по розділу	18
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	20
2.1 Розробка структурної схеми системи керування	20
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування	21
2.2.1 Вибір датчиків	21
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	23
2.2.3 Вибір пристроїв керування	23
2.2.4 Вибір джерел живлення	28
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	30
2.4 Розробка схеми електричної принципової	32
2.5 Висновки по розділу	33
3 Визначення моделі об'єкта керування	34
3.1 Загальні відомості	34
3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	34
3.3 Виконання експерименту	35
3.4 Обробка результатів експерименту	38
3.4.1 Підготовка даних	38
3.4.2 Структурна ідентифікація	40
3.4.3 Параметрична ідентифікація	44
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	48
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	50

	5
3.5 Розробка моделі обмежувача швидкості зміни температури	50
3.6 Остаточна комплексна модель об'єкту керування	51
3.7 Висновки за розділом	52
4 Економічна частина	54
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	54
4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування	56
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	57
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	57
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	59
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	60
4.4.1 Амортизація основних фондів	60
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	61
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	62
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	62
4.4.5 Витрати на електроенергію	62
4.4.6 Інші витрати	63
4.5 Висновки за розділом	63
5 Охорона праці	64
5.1 Загальні відомості	64
5.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників	65
5.3 Заходи з безпеки праці	67
5.4 Розрахунок ризику опіку	71
5.5 Висновок	73
Висновки	74
Перелік посилань	76
Додаток А	79
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	80
Відгук	82
Рецензія	84

ВСТУП

Олійна - жирова промисловість України це галузь харчової промисловості, що переробляє олійні культури на жири. Перелік культур складають соняшник, соя, ріпак, льон тощо. Виробництво соняшnikової олії є потужною складовою агропромислового комплексу, що об'єднує виробників олійної та жирової продукції. Олійні культури є джерелом одержання цінної продукції продовольчого і технічного призначення а його продукція має попит.

Суттєво впливає на розширення посівів олійних культур у сільському господарстві розвиток олійного виробництва, потрібно підвищення їх врожайності, збільшення жирності насіння та нові технології зерно сушіння для довгого зберігання. Готова продукція галузі це олія, надходить до торговельної мережі для задоволення попиту населення, а також є важливим напівфабрикатом, обов'язковим компонентом при виготовлені широкого асортименту предметів споживання: маргарину, майонезу, стеаринових свіч, оліфи, парфумів, дизельного палива, миючих засобів, фарб тощо.

Отже, важливе значення для олійна-жирової промисловості мають об'єми вирощеної, та збереженої сировини.

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена проектуванню системи автоматизації керуванням технологічного процесу сушіння соняшнику у шахтній сушарці шляхом вибору апаратного забезпечення, розробки технічних документів проекту автоматизації, використання математичних методів для отримання моделі об'єкту керування. Розробка системи допоможе забезпечити високу інтенсивність сушіння соняшнику у шахтній зерносушарці, уникаючи перегріву насіння.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Одна з найважливіших та провідних галузей харчової промисловості України це олійна-жирова промисловість, що об'єднує підприємства з перероблення насіння олійних культур, рафінації та модифікації жирів, виробництва рослинних олій, маргарину, спредів, майонезів, мила та інше [1, 2].

Олійна-жировий комплекс України сектор аграрного виробництва, завдяки якому встановлено баланс економічних інтересів держави, сільськогосподарської та переробної сфер виробництва та внутрішнього споживача. Олійна-жирове виробництво відноситься до бюджетоформуєчих галузей аграрного сектора з потужним експортним потенціалом.

Вдосконалення та перспективний розвиток олійна-жирової промисловості України пов'язані з раціональним використанням природних, матеріальних і трудових ресурсів, забезпеченням відповідних пропорцій у межах галузі, регіонів, всього господарського комплексу України, переведенням економіки на інтенсивний шлях розвитку, підвищенням рівня суспільного виробництва, охороною навколишнього середовища. Отже, для забезпечення економічно ефективного функціонування, перспективного розвитку олійна-жирової промисловості України необхідно провести реструктуризацію сировинної та виробничо-технічної баз галузі, на основі чого підвищити ефективність виробництва, запровадити державне регулювання ринку олійна-жирової продукції, з одночасними збереженням і розширенням її експорту для збільшення валютних надходжень.

Олійна-жирова промисловість є структурною складовою аграрно-промислового комплексу і являє собою достатньо економічно розвинену, сформовану, постійно функціонуючу систему. Для можливості переробки насіння олійних культур в продовж всього року необхідно тривале зберігання зерна та насіння олійних культур, попередньо пройти всі технологічні етапи сушіння у сушарках.

Олійна продукція користується зростаючим попитом на світовому ринку, все більшою переорієнтацією у структурі харчування людей на олії і жири рослинного походження через їх фізіологічні переваги і більш доступні ціни порівняно із тваринними жирами, також динамічним зростанням у всьому світі виробництва біодизельного пального на основі рослинних олій на фоні прогресуючого зростання цін на мінеральні енергоресурси та зменшення їх природних запасів.

Для удосконалення регулювання діяльності олійна-жирового комплексу, посилення його конкурентних переваг поряд з реформуванням організаційної і управлінської структури та системи взаємодії комплексу з регіонами в роботі необхідно застосування високоефективних методів діяльності, технологій, нових товарів та послуг, вивчення стану і перспектив розвитку товарної кон'юнктури національного, регіональних і зовнішніх ринків, орієнтація галузі на вимоги ринку.

Виробнича база підприємств дозволяє переробляти та сушити різні види насіння олійних культур: соняшника, ріпаку, сої. На сьогодні повністю забезпечені потреби внутрішнього ринку в олійній продукції, зникли сезонні коливання цін. Одним з головних досягнень за роки незалежності можна вважати відродження та подальший стрімкий розвиток олійна-жирової галузі України.

1.2 Технологічний процес

Сушіння – видалення вологи з різних матеріалів: твердих (напр., деревина, зерно), рідких (напр., молоко, кров), газоподібних (напр., повітря, топкові гази). Сушіння – один з основних технологічних процесів у промисловості, сільському господарстві та будівництві. Застосовується сушіння твердих матеріалів – конвективне сушіння, контактне сушіння, радіаційне сушіння (інфрачервоним випромінюванням), сушіння під розрідженням (сублімаційне).

Сушіння насіння соняшнику, як одну з операцій післязбиральної обробки насіння, виконують на заготівельних підприємствах елеваторах. Технологія обробки насіння соняшнику на заготівельних підприємствах складається з низки операцій, у результаті виконання яких отримують насіння необхідної якості. Процес складається з наступних операцій: зважування матеріалу що надходить,

розвантаження автомашин та залізничного транспорту, попереднє очищення, сушіння, первинне та вторинне очищення, сортування, транспортування насіння соняшнику та відходів, зважування готової продукції, протравлювання, короткострокове зберігання, провітрювання, тривале зберігання у силосах, у складах насипом.

В Україні та у світі на заготівельних підприємствах поширено конвективне сушіння. При конвективному способі сушіння тепло передається насінню соняшника від сушильного агенту, що переміщується, а волога переміщується від насіння соняшнику до сушильного агенту..

Насіння соняшнику на елеватори привозять безпосередньо від комбайнів автомобілями. Після відбору проб насіння і визначення його якості автомобілі з вантажем зважують на автомобільних вагах і розвантажують автомобілі-розвантажувачами в спеціальні бункера - одинарні або групові, надземні або заглиблення. Якщо на пункті є елеватор, то використовують бункера групові. Їх розміщують в окремому приймальному пристрої. З бункера насіння направляють на зерноочисні машини, сушать, вдруге очищають, зважують, а потім розміщують до силосів.

Обов'язковою умовою, яку слід виконувати при сушінні насіння, є його попереднє очищення. Великий вміст домішки в насінні соняшнику може викликати загоряння в сушильній камері, нерівномірну сушку і привести до непродуктивних втрат тепла на висушування домішок. Незалежно від очищення насіння на зерноочисних машинах надсушильний бункер повинен обов'язково мати сітку для затримання великого сміття або предметів, що випадково потрапили. Після проходження насінням сушильної камери воно повинно бути охолоджене продуванням холодним повітрям.

Технологічна схема роботи поточно-транспортної лінії елеватора приведена на рис. 1.1. Сире насіння з приймального бункера 1 скребковим конвеєром 2 подається в норію 3. Норія 3 подає насіння в бункер-розподільник 4, з якого воно проходить через сито 5 і надходить в бункер-накопичувач 6. Після чого живильник-розподільник 7 подає насіння в каскадний підігрівач 8 у

підігрівачі насіння очищається від легких домішок, які повітряним потоком відводяться в циклони і накопичуються в бункері. Очищене насіння з підігрівача надходить в приймальний ківш норії 10 і подається нагору. З норії 10 воно надходить у сушарку 11. У сушарці насіння висушується сумішшю топкових газів з повітрям, що надходять з топки 12, а потім охолоджується атмосферним повітрям. Висушене насіння з сушарки надходить на живильник 13 і транспортується на склад готової продукції. Якщо з сушарки виходить недосушене насіння, то його за допомогою живильника 13 направляють повторно на норію 10.

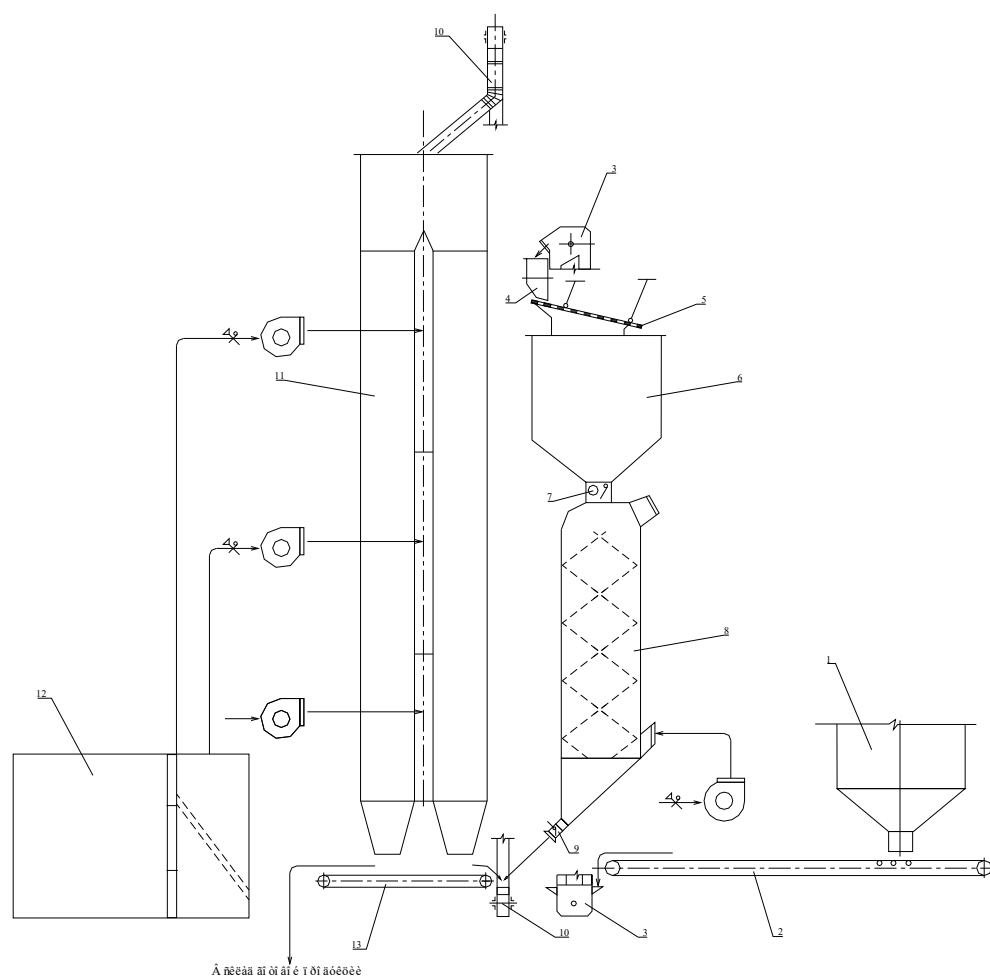


Рисунок 1.1 - Технологічна схема поточно-транспортної лінії підприємства зберігання та переробки насіння соняшника

1.3 Об'єкт керування

Технологічний об'єкт, що розглядається в кваліфікаційній роботі – шахтна прямоточна зерносушарка ДСП-32 безперервної дії для сушіння зерна та насіння соняшника.

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

До складу сушарки елеватору входить наступне обладнання:

- конвеєри;
- норії;
- сушарка шахтна;
- пальник газовий *серії Unigas CINQUECENTO*;
- клапан з електроприводом.

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).

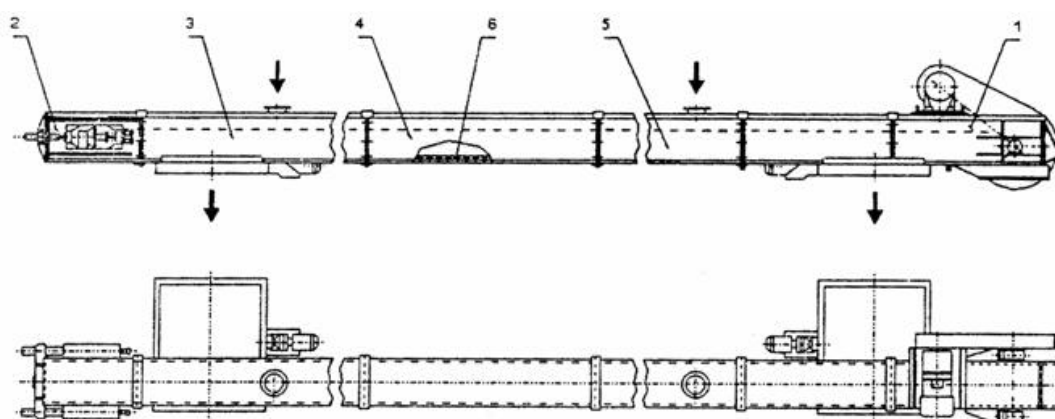


Рисунок 1.3 - Загальний вигляд конвеєра з зануреними скребками, де 1-головка привідна; 2-головка натяжна; 3-секція з поперечним шиберним затвором; 4, 5 секції; 6-тяговий орган.

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

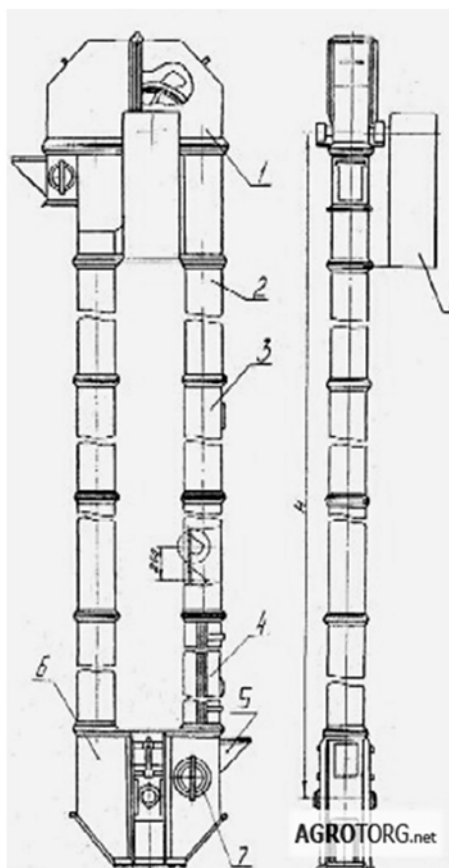


Рисунок 1.4 - Загальний вигляд норії стрічкової ковшового, де 1 - головка; 2 - секція труби гладка; 3 - секція труби оглядова; 4 - секція труби натяжна; 5 - носок; 6 - черевик; 7 - люк оглядовий; 8 стрічка; 9 - привод; 10 – ківш.

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

Сушарку ДСП-32-ОТ-2 встановлюють близько силосів або силосних корпусів елеватора, в механізованих лініях, при складах зерна (рис. 1.5).

Сушарка ДСП-32-ОТ-2 стаціонарна, шахтного типу, з двоступінчастим режимом сушіння. Її продуктивність 32 т / год розрахована при зниженні вологості зерна пшениці на 6% (з 20 до 14%). Згідно завдання у цій роботі буде розглянуто режим сушіння насіння соняшнику вологою нижче 15 % [3, 4].

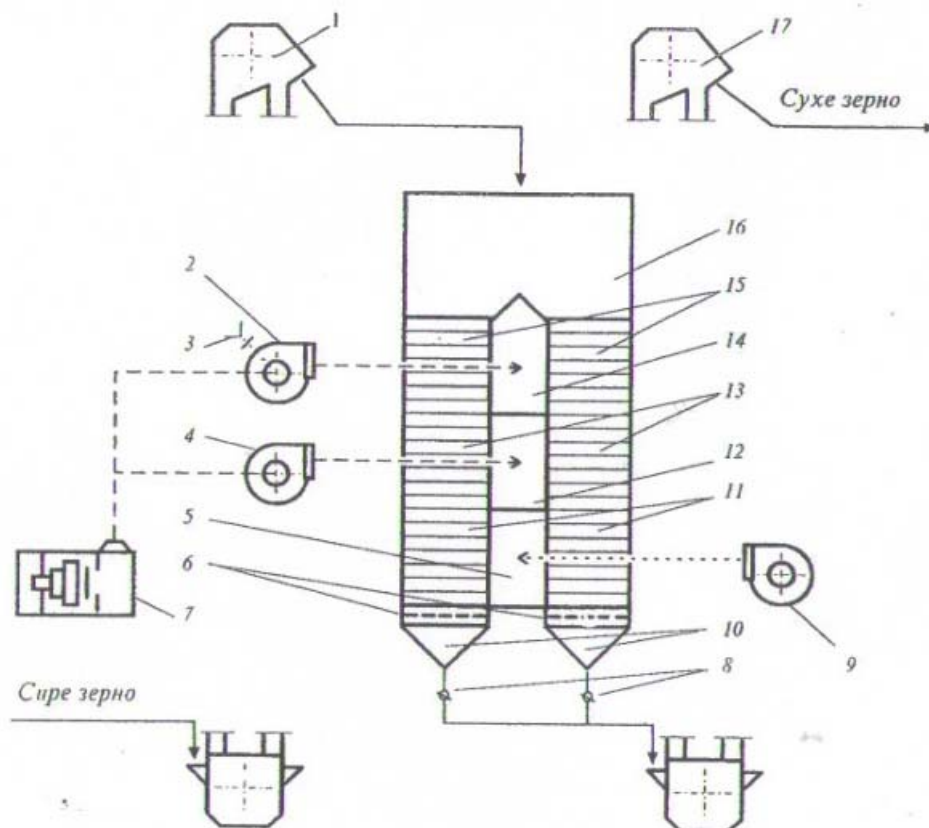


Рисунок 1.5 – Схема сушарки шахтної прямої ДСП-32-ОТ-2

Сушарки шахтної прямої ДСП-32-ОТ-2 містить наступні компоненти 1 – норія сирого зерна, 2, 4 – вентилятори сушильних зон, 3 – патрубок з дросельною заслінкою, 5 – повітророзподільна камера охолоджувальної зони, 6 – випускні механізми, 7 – топка, 8 – заслінки, 9 – вентилятор охолоджувальної зони, 10 – підсушильні бункери, 11 – охолоджувальна зона, 12 – газорозподільна камера другої зони, 13 – друга сушильна зона, 14 – газорозподільна камера першої зони, 15 – перша сушильна зона, 16 – надсушильний бункер, 17 – норія сухого зерна.

Сушарка складається з наступних основних частин: двох сушильних шахт і розподільної камери, розташованої між ними; топки, що працює на газу; трьох вентиляторів – для першого і другого 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.

Сушарка знаходиться на відкритому майданчику, а її топка розташовується в будівлі. Там же встановлено пульт керування і контролю. Засоби автоматизації забезпечують стабільність температури агенту сушіння.

Для нагріву повітря використовується пальник. Пальник газовий моноблочний номінальною тепловою потужністю 600 – 8000 кВт використовується для високоефективного спалювання природного газу, пропан-бутанової суміші та іншого газоподібного палива у будь-якому обладнанні, що використовує газ [5].

Пальник серії Unigas CINQUECENTO використовується на промислових парових та водогрійних котлах, зерносушарках, промислових печах, сушарках та інших теплових агрегатах промислового призначення. Процес регулювання спалювання газу у пальнику забезпечує високу стійкість спалювання до коливань тиску газу у газопроводі; забезпечує рівномірне температурне поле в камері горіння

теплового агрегату; забезпечує високі екологічні показники роботи пальника. Панель керування пальником встановлено на корпусі, що забезпечує простоту налаштування та обслуговування. Панель керування або мікропроцесорний блок керування містить аналогові та цифрові 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 з пульта оператора.



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд газового пальника Unigas CINQUECENTO

Клапан з електроприводом призначений для зміни напрямку руху зерна самопливом по трубах перед подачею насіння до сушарки з бункерів та після сушарки для зміни напрямку руху насіння на вхід сушарки для досушування.

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

Клапан має два кінцевих положення, що фіксуються кінцевими вимикачами. При досягненні клапаном крайнього положення спрацьовує кінцевий вимикач, відключаючи електропривод.

Сировину накопичену подають з оперативного бункера і змішують його із сухим нагрітим зерном, яке надходить із другої сушильної шахти. Ця суміш надали надходить у надсушильний бункер і далі в першу сушильну шахту і тепловогообмінник.



Рисунок 1.7 - Клапан з електроприводом типу КПС

По другій норії суміш подається до надсушильного бункеру другої шахти, де проходить сушильну зону та зону охолодження. Зерно, після проходження трьох зон контролю температури та вологості, відправляється на досушування або до вихідної зони, згідно результатів. Випускні механізми просушеного та охолодженого зерна мають періодичний принцип дії. Висушене зерно подається на норію, а вже потім у накопичувальний буфер або на зерносклад.

Контроль стану зерна за вологістю здійснюється вологоміром, датчики якого встановлюються у шахті остаточного сушіння. Первинними датчиками здійснюється контроль температури теплоносія, нагрітого та охолодженого насіння соняшнику, які встановлюються в зонах з максимальними та мінімальними температурними властивостями сировини. Пульт контролю та дистанційного керування встановлено у передтопочному приміщенні. В ручному режимі оператор може стежити за параметрами роботи зерносушарки, контролюються такі вузли: транспортне та вентиляційне обладнання, положення та рівень насіння у зерносушарці, бункері сирого насіння та бункері сухого насіння.

Сушіння зерна на підприємствах виконується згідно інструкції [6]. Головною задачею сушіння насіння соняшника є зменшення вологи для перевodu насіння у стійке для зберігання становище. При сушінні суворо заборонено зниження продовольчих і кормових якостей зерна та якості олійного насіння. Робітники, що обслуговують зерносушарку повинні дотримуватися режимів сушіння насіння, виконувати норми продуктивності, економити паливо та електроенергію. За

кількісне та якісне зберігання насіння при сушінні несуть відповідальність оператор зерносушарки та лаборант, що контролює процес сушіння та відбирає проби насіння. Інструкція визначає вимоги до безпечної експлуатації сушарок, щоб уникнути загоряння сушарки, перегріву, псування насіння при сушінні, но інструкція не вказує значень керуючих впливів. Наприклад, для різних культур вказані лише верхня межа значення температури агенту сушіння по зонам та температура нагріву насіння соняшника.

Процес керування сушінням насінням соняшника це керування, при якому значення керуючої дії виробляється за допомогою людини-оператора, він задає цільове значення температури агенту сушіння. Для нагріву насіння блок автоматики пальника підтримує задане значення температури агенту сушіння що надходить до сушарці від топки. Температура агенту сушіння у другій зоні сушарки ДСП-32, підтримується на рівні $130^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Це керування зі зворотнім зв'язком, при якому керуюча дія виробляється з врахуванням стану об'єкту керування.

Відомості про якісні показники насіння після сушіння дозволяють виконувати керування по відхиленню, коли керуюча дія виробляється з врахуванням сигналів відхилення. При сушінні насіння соняшнику [7] контролюються найбільш важливі параметри: температура агенту сушіння, температура нагріву соняшника, вологість соняшника до сушіння, вологість та температура соняшника на виході сушарки, стан обладнання та інші, а також якісні показники партії соняшника у лабораторії підприємства. Найбільше значення температури нагріву насіння соняшника може дорівнювати та мати наступний допуск $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

1.4 Принцип функціонування об'єкту керування

Правило керування за окремим вихідним параметром температурою нагріву насіння у шахті прямої сушарки задається формулою:

$$\text{відх}T_c = |T_c - T_{c.\text{зад}}| \rightarrow \min \quad (1.1)$$

де $\text{відх}T_c$ – відхилення параметра температура нагріву насіння соняшника від заданого значення; $T_{c.\text{зад}}$ – задане значення параметра температура нагріву насіння

соняшника у шахті прямої сушарки; T_c – поточне значення параметра температура нагріву насіння соняшника у шахті прямої сушарки.

1.5 Постановка завдання

Відповідно до завдання та мети у роботі потрібно вирішити наступні задачі: розробити структурну схему системи автоматизації, обґрунтувати вибір апаратного забезпечення, розробити схему функціональну автоматизації, схему електричну принципову, перелік елементів системи автоматизації процесом нагріву зерна у прямої сушарці ДСП-32;

Отримати модель об'єкту керування шляхом ідентифікації, оцінити адекватність отриманої моделі об'єкта керування. Використовуючи SCADA систему ZENON для створення керуючого впливу, програмне забезпечення "Identification System Toolbox" середовища Matlab, виконати ідентифікацію об'єкту керування шляхом отримання динамічної, статичної, П-подібної (імпульсна) характеристики та перевірочних даних;

– визначити капітальні та експлуатаційні витрати при впровадженні системи автоматизації технологічного процесу сушіння зерна у прямої сушарці;

– розробити комплекс заходів з охорони праці у технологічному процесі сушіння зерна у шахтній сушарці.

1.6 Висновки по розділу

Розглянуто технологічний процес післязбиральної обробки зерна, процес сушіння насіння соняшника з використанням прямої сушарки ДСП-32, розглянуто технічні характеристики. Як об'єкт керування, пряма сушарка ДСП-32 відноситься до класу безперервних об'єктів, що призначена для сушіння зерна та насіння у потоці. Важливим параметром технологічного процесу сушіння та системи автоматизації є температура насіння на виході зони нагріву прямої сушарки. Нагрів зерна здійснюється нагріванням агента сушіння за допомогою пальника газового. Визначеним критерієм керування системи автоматизації

процесу сушіння насіння соняшнику у прямоточній сушарці це мінімальне відхилення температури нагріву насіння соняшнику від заданого значення.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Система автоматизованого керування технологічним процесом сушіння насіння соняшнику, що розглядається у даній роботі підтримує задане значення температури насіння соняшнику у шахті прямої сушарки ДСП-32. Початкове значення температури насіння соняшнику, що надходить до сушіння, дорівнює приблизно температурі повітря на час сушіння та дорівнює 5°C . Значення температури насіння у шахті прямої сушарки вимірюється за допомогою датчика температури або термоперетворювача та повинне мати згідно вимог до процесу сушіння наступне значення та допуск $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Нагрів насіння здійснюється нагрівом агенту сушіння, що подається до сушарки. Температура агенту сушіння повинне мати наступне значення та допуск $130^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Для даної системи керування обираємо структуру, що має три рівня. На нижчому рівні це датчики та виконавчі механізми – датчик температури насіння соняшнику у шахті зерносушарки, пальник газовий, для підігріву повітря або агенту сушіння, що проходить крізь шар насіння та нагріває його. Наступний другий рівень здійснює обробку даних, що надійшла від датчику, призначає значення температури агенту сушіння для пальника, виконує обмін даними з верхнім рівнем. Ці функції виконуються мікропроцесорним пристроєм керування – промисловим мікроконтролером. Верхній третій рівень це пульт керування або автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора виконує функцію інтерфейсу між людиною-оператором та об'єктом керування. Відображається візуалізація стану технологічного обладнання у вигляді мнемосхем, діаграм, трендів; завдання порогових значень; збереження даних технологічного процесу у базі даних. Всі перелічені функції виконуються на базі промислового спеціалізованого персонального комп'ютеру за допомогою прикладного програмного забезпечення. (рис. 2.1).

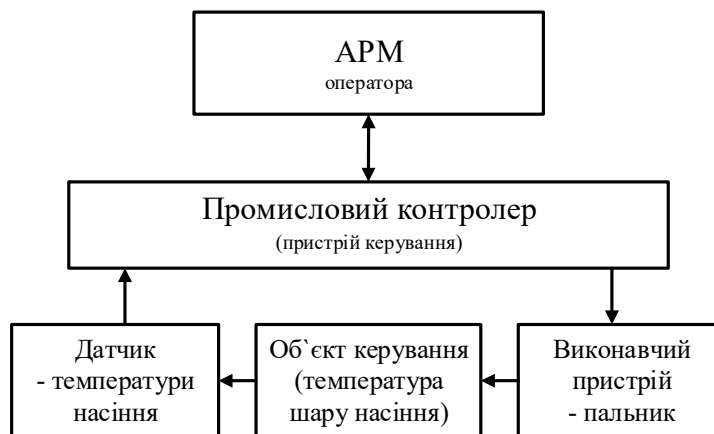


Рисунок 2.1 – Вигляд структурної схеми системи автоматизації технологічного процесу сушіння насіння соняшнику у шахтній прямоточній сушарці

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір датчиків

Призначенням автоматизованої системи керування, є підтримання температури насіння соняшнику у шахті прямоочної двоступеневої сушарки ДСП-32, значення якої має дорівнювати та мати наступний допуск $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Датчик температури насіння соняшнику розташовується на виході другої сушильної зони шахти сушарки, перед зоною охолодження. Значення температури насіння до мікроконтролеру передається за допомогою завадостійкого інтерфейсу обміну. З огляду на те, що температура насіння не перевищує 60°C , то для контролю температури насіння буде обрано термоперетворювач опору мідний з високоточним нормованим перетворювачем, що оснащено уніфікованим вихідним струмовим сигналом 4...20 мА [8]. Значення діапазону температур термоперетворювача ОВЕН ДТС035М–50М.0,5.630.И[1] складає від мінус 50 до плюс 180 С. Цей датчик (рис. 2.2) призначено для безперервного вимірювання та перетворення значень температури рідин, газоподібних, твердих та сипучих речовин в уніфікований вихідний сигнал постійного струму 4...20 мА. Діапазон температур технологічного процесу знаходиться від температури навколишнього середовища до плюс 60°C , знаходиться в діапазоні температур обраного термоперетворювача.

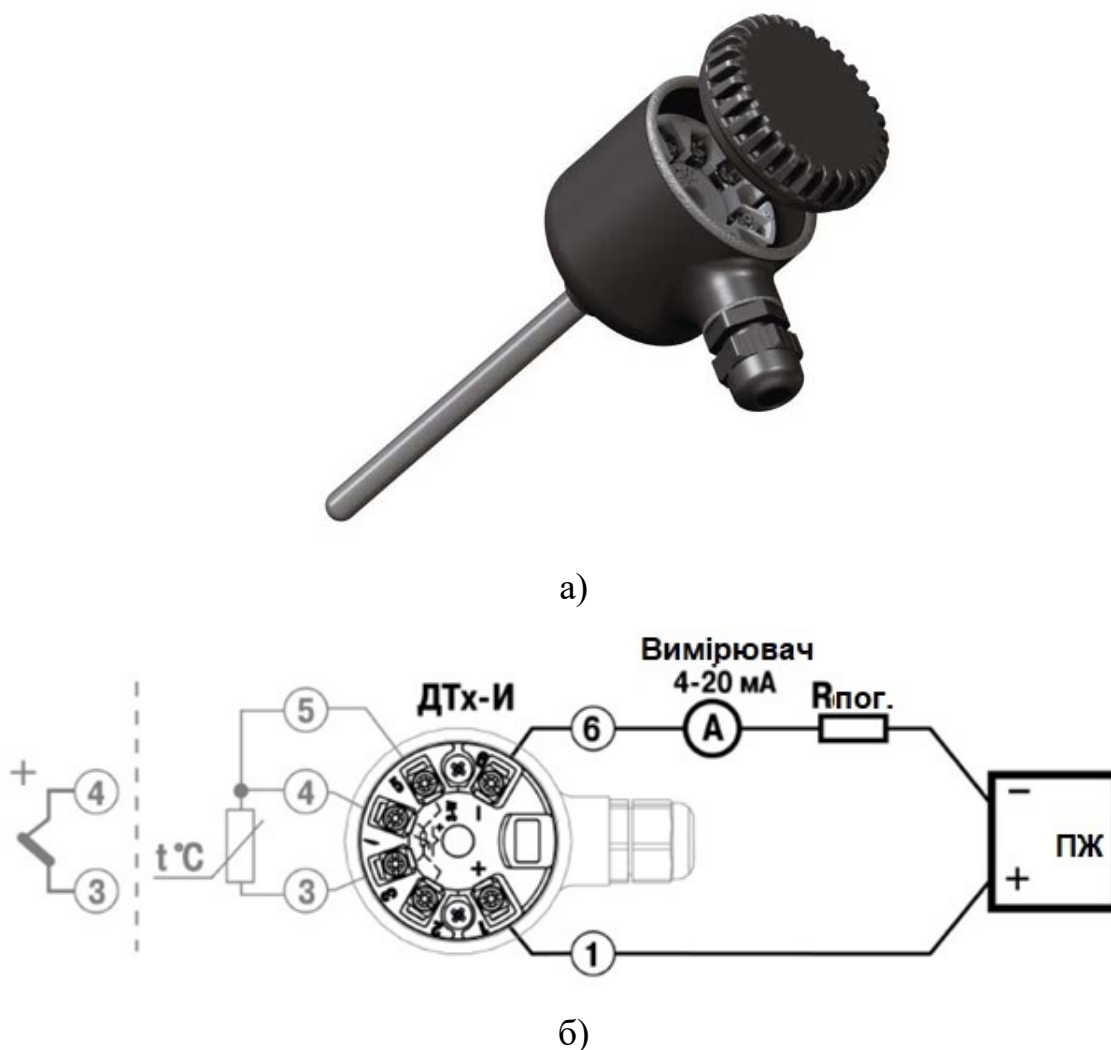


Рисунок 2.2 – Термоперетворювач ОВЕН ДТС035М–50М.0,5.630.И[1], де а) вигляд термоперетворювача зовні, б) схема підключення, ПЖ – прилад живлення або блок живлення, $R_{\text{пог.}}$ – погоджувальний резистор.

Відомо, що термометри опору надійні в експлуатації, мають достатню чутливість. У аббревіатурі термоперетворювача ОВЕН ДТС035М–50М.0,5.630.И[1] позначення 035 позначає модель з діаметром захисної арматури $D=8$ мм; 50М це назва номінальної статичної характеристики чутливого елемента; 0,5 це поріг приведеної похибки перетворювання температури у сигнал вихідного струму у відсотках або клас точності; 630 це довжина у міліметрах монтажної частини з чутливим елементом, ця довжина розрахована на розташування вимірювального елемента термоперетворювача у середині шахти сушарки; [1] це позначення

діапазону перетворювання від мінус50 до плюс 180 °С. На підставі обраного термоперетворювача та його технічних характеристик складена таблиця 2.1

Таблиця 2.1. – Датчики системи автоматизації

№	Найменування параметра	Принцип роботи	Тип	Діапазон вимірювання	Точність, %	Значення вихід. сигналу	Період оновлення	Потужність
1	Температура насіння соняшника	Перетворення температури в опір	Аналоговий	мінус50 – плюс 180°С	0,5	4-20 мА	10 с	1 Вт

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для технологічного процесу сушіння у прямоточній двоступеневій сушарці ДСП-32 виконавчим пристроєм для нагріву повітря є газовий пальник. Технічні характеристики пальника визначаються моделлю прямоочної двоступеневої сушарки що є складним технологічним об'єктом. Газовий пальник додатково комплектується блоком автоматики, блоком розпалювання, датчиками тиску. Блок автоматики або мікропроцесорний модуль пальника містить різні інтерфейси для обміну даними, у тому числі аналогові інтерфейси напруги 0...10 В та струму 4...20 мА, цифровий інтерфейс RS-485. Значення температури агенту сушіння при сушінні у прямоточній двоступеневій сушарці задається оператором за допомогою мікропроцесорного блоку автоматики пальника або оператором через людино-інтерфейс верхнього рівня з використанням комп'ютера.

2.2.3 Вибір пристроїв керування

Сучасний рівень технологічного обладнання автоматизованої системи керування сушінням насіння соняшнику вимагає використання в якості пристрою керування мікропроцесорного програмованого логічного контролера, що має модульну структуру, наприклад компанії VIPA[9]. Довжина циклу виконання робочої програми програмованого контролера має тривати не більше 100 мс, що забезпечить реакцію на зміну значень важливих параметрів насіння при сушінні.

Розмір пам'яті мікропроцесорного промислового контролера має складати не менше 1 кілобайта вільної робочої пам'яті для реалізації програми автоматизованої системи керування.

Промисловий мікропроцесорний контролер або пристрій керування повинен мати модульну структуру для під'єднання виконавчого пристрою з цифровим інтерфейсом, та під'єднання аналогового термоперетворювача, для забезпечення високої ремонтпридатності та надійності роботи. Для підключення пульта оператора або підсистеми інформаційного забезпечення роботи оператора, що повинна бути реалізована на базі персонального комп'ютера, мікропроцесорний контролер повинен містити Ethernet інтерфейс, щоб забезпечити достатню швидкість передачі даних.

Зазначеним вимогам відповідає модуль 214-2BE03 промислового мікропроцесорного контролера компанії VIPA. Модуль мікропроцесорного контролера має значення часу виконання арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, значення обсягу пам'яті програм 144 кілобайта і значення обсягу робочої пам'яті 96 кілобайт відповідно до документації (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Вигляд модуля мікропроцесорного контролера 214-2BE03
Технічні характеристики контролера наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Перелік значень технічних характеристик

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип або назва	CPU 214NET
2	Значення загального розміру пам'яті, кБайт	144
3	Значення розміру області робочої пам'яті, кБайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Наявність інтерфейсу Ethernet	існує
6	Постійна напруга живлення, В	24
7	Значення потужності споживання, Вт	6

Для підключення датчика буде використано модуль аналогового вводу з діапазоном вхідного сигналу від 4 до 20 мА постійного струму. Зазначеним характеристикам задовольняє модуль VIPA 234-1BD50, що містить два аналогових входи та два аналогових виходи [9] з діапазоном сигналу від 4 до 20 мА постійного струму. Загальний зовнішній вигляд модулю та схема електрична підключення зображені на рисунку 2.4.

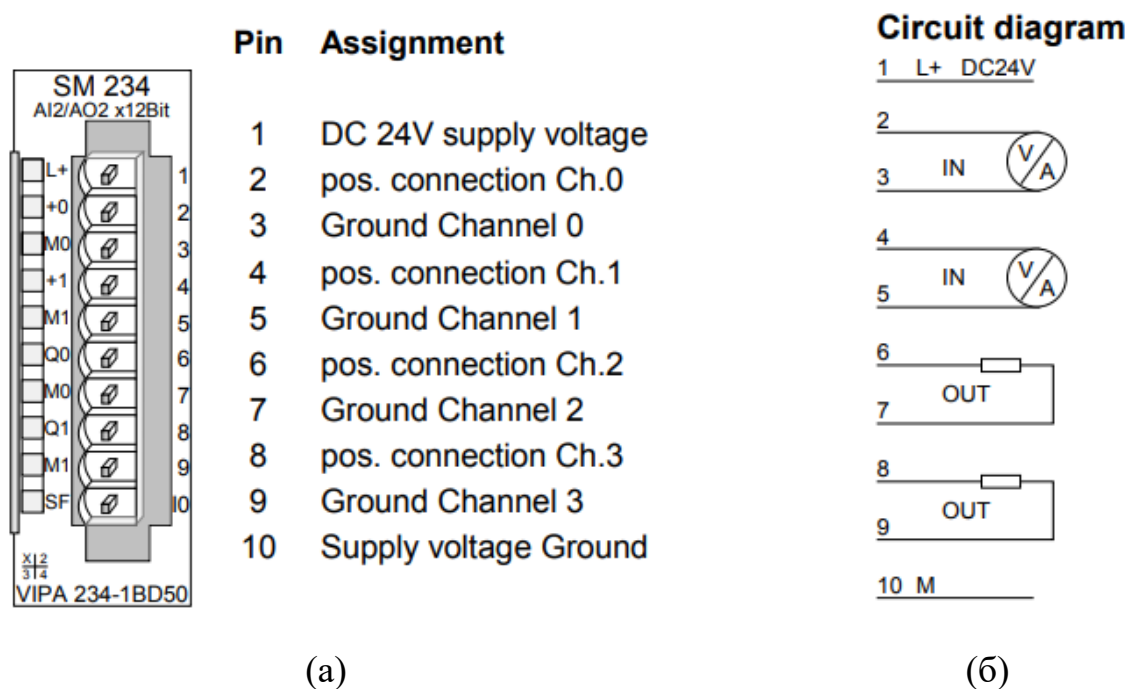


Рисунок 2.4 – Модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50, де а – вигляд модуля, найменування клем, б – схема електрична підключення.

Значення технічних характеристик модуля аналогового вводу/виводу наведені в таблиці 2.3 та містить короткі відомості.

Таблиця 2.3 – Перелік технічних характеристик модуля вводу/виводу

№	Найменування параметру	Значення
1	АЦП розрядності, біт	12
2	Кількість аналогових входів/виходів	2/2
3	Тип входу	аналоговий
4	Типи сигналів, допустимі діапазони значень	4-20mA, 0-10V
5	Значення довжини екранованого провідника, м	200
6	Значення потужності споживання, Вт	2,9

Під'єднання газового пальника серії Unigas CINQUECENTO здійснюється через його блок автоматики з використанням цифрового інтерфейсу RS-485, протокол Modbus. Для під'єднання зі сторони промислового мікроконтролера використовується модуль VIPA CP240-1CA20. Модуль цифрового послідовного інтерфейсу RS-485, ізольовано від шини контролера, і підтримує наступні цифрові протоколи передачі даних ASCII, STX/ETC, 3964(R), RK512 і Modbus. Живиться модуль від шини промислового мікропроцесорного контролера, що розташовано в середині. Вигляд зовні та позначення контактів роз'єму підключення модуля CP240-1CA20 представлено на рисунку 2.5. Значення технічних характеристик модуля аналогового вводу/виводу наведені в таблиці 2.4. відповідно до технічної документації до обладнання.

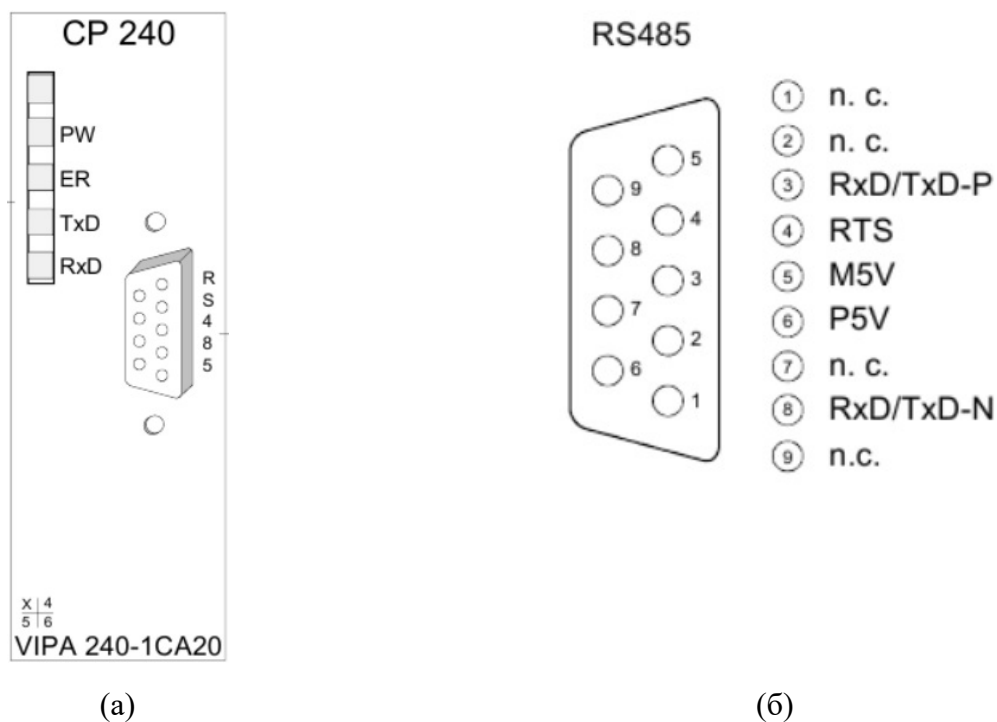


Рисунок 2.5 – VIPA CP240-1CA20 модуль серійного інтерфейсу RS-485, де а – вигляд модуля, б – позначення контактів роз'єму для під'єднання.

Таблиця 2.4 – Перелік технічних характеристик модуля VIPA CP240-1CA20

№	Найменування параметру	Значення
1	Значення швидкості передачі даних, кбіт/с	115.2
2	Значення відстані передачі даних, м	1200
3	Значення кількості під'єднаних абонентів	32
4	Оцінка ступеню захисту інтерфейсу від завад	висока
5	Реалізовано режим передачі даних	напівдуплексний
6	Значення потужність споживання, Вт	0.75

Автоматизована система технологічного процесу сушіння насіння соняшника використовує пульт оператора для відображення поточного стану технологічного процесу на базі даних від мікропроцесорного програмованого логічного контролера. Пульт оператора може бути реалізовано на базі промислового персонального комп'ютера, а зв'язок з програмованим логічним контролером виконано за допомогою інтерфейсу Ethernet з відповідною схемою підключення (рис. 2.6) через роз'єми.

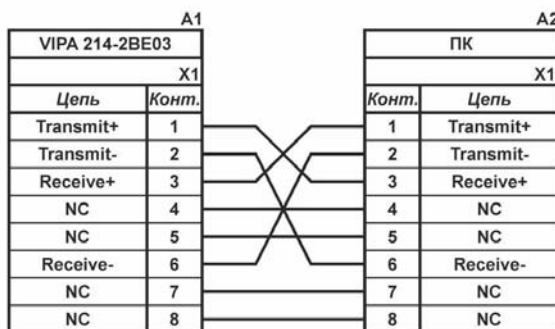


Рисунок 2.6 – Схема електрична під'єднання пульта оператора до мікропроцесорного контролера

Обравши конфігурацію мікропроцесорного програмованого контролера складена таблиця 2.5. для розрахунку потужності споживання обраними приладами для подальшого розрахунку мінімальної потужності блоку живлення.

Таблиця 2.5 – Перелік обраних приладів та значення потужності

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 214-2BE03	Модуль центральний мікропроцесорний	6,00 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль аналогового вводу/виводу сигналів	2,90 Вт
		ОВЕН ДТС035М–50М.0,5.630.И[1]	1 Вт
3	VIPA CP240-1CA20	Модуль інтерфейсу RS-485	0,75 Вт

2.2.4 Вибір джерел живлення

Модуль центральний контролера 214-2BE03 та його інші модулі мають напругу живлення 24 В постійного струму. Потужність споживання одного модуля мікропроцесорного контролера складає 6 Вт. Обираємо в якості джерела живлення постійної напруги модуля мікропроцесорного контролера джерело живлення SPD24301 з вхідною напругою живлення від ~ 85 до ~ 264 В змінного струму, вихідною напругою 24 В постійного струму і потужністю 30 Вт (рис. 2.7). Значення технічних характеристик джерела живлення представлено в таблиці 2.6 згідно технічної документації.



Рисунок 2.7 – Вигляд зовні джерела живлення SPD24301

Схема електрична підключення модуля центрального мікропроцесорного програмованого логічного контролера 214-2BE03 до джерела живлення SPD24301 24 В постійного струму приведена на рисунку 2.8.

Таблиця 2.6 – Значення технічних характеристик джерела SPD 2430, 24 В

№	Найменування параметру	Значення
1	Вхідна напруга живлення змінного струму, В	~85÷~264
2	Значення вихідної напруги постійного струму, В	24
3	Потужність споживання джерела, Вт	30
4	Значення вихідного струму, А	1,25

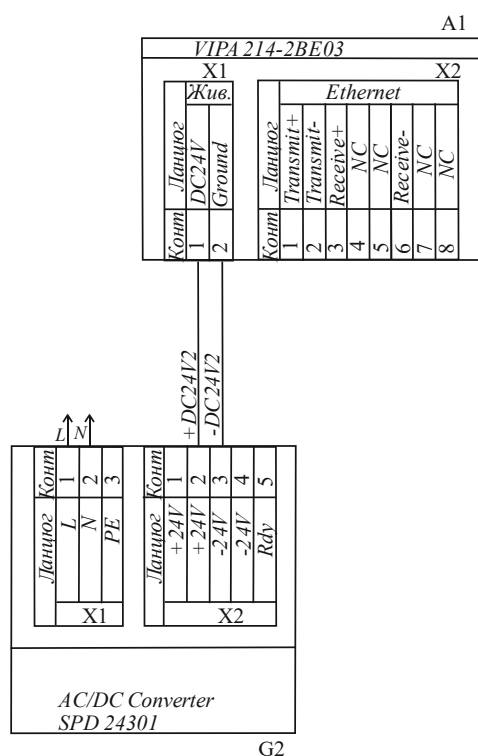


Рисунок 2.8 – Схема під'єднання модуля мікропроцесорного до живлення 24В постійного струму

Додатковий окремий блок живлення використаємо для модуля аналогового вводу/виводу та обраного термоперетворювача ОВЕН ДТС035М для підвищення надійності роботи системи у разі поломки одного з блоків живлення. Обраний термоперетворювач опору та модуль аналогового вводу/виводу будуть живитися напругою живлення 24 В постійного струму. Блок автоматики газового пальника серії Unigas CINQUECENTO має напругу живлення 220 В змінного струму, тому у розрахунку потужності блоку живлення 24 В не приймає участі. Повна загальна споживана потужність приладів модуля вводу/виводу, та підключеного до нього датчика температури розраховується шляхом підсумовування:

$$P = 2.9 + 1 = 3.9 \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

Для живлення модуля вводу/виводу та термоперетворювача обрано джерело живлення SPD 24301, аналогічне вказаному вище.

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Перелік документів проекту (Додаток А) автоматизованої системи керування сушінням насіння соняшнику у прямоточній шахтній двоступеневої сушарці ДСП-

32 починається розробкою документа функціональна схема автоматизації системи, рисунок 2.9, що містить мнемоничну схему прямої сушарки зерна, на якій вказано розташування датчика або термоперетворювача (ТЕ) та виконавчого механізму (ТС) це пальник газований серії Unigas CINQUECENTO.

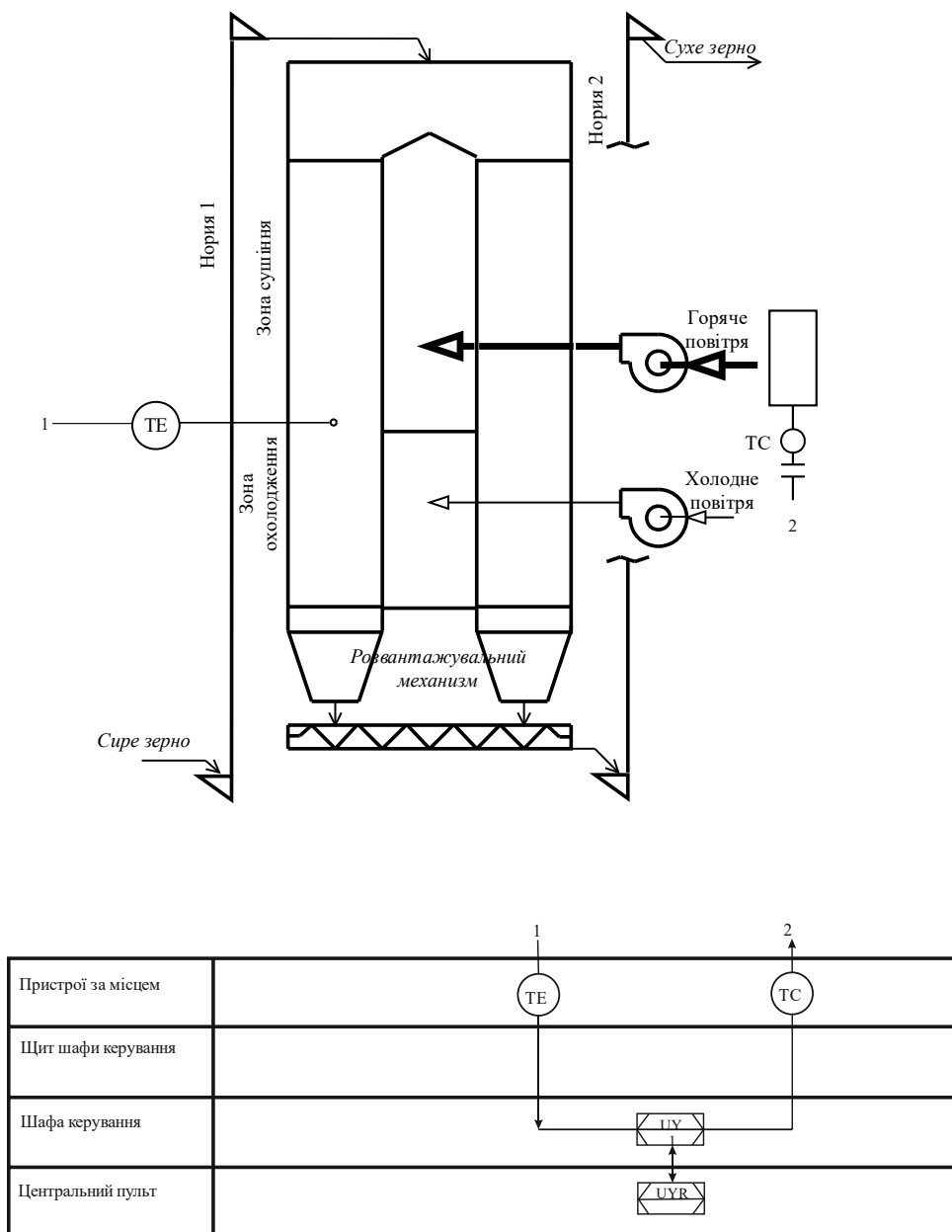


Рисунок 2.9 – Вигляд функціональної схеми автоматизації технологічного процесу сушіння соняшнику у прямої сушарці ДСП-32

На схемі показано розташування датчика або термоперетворювача (ТЕ1 – ОВЕН ДТС035М) у шахті прямої двоступеневої сушарки ДСП-32 для виміру температури насіння соняшнику, оцінки процесу керування сушінням насіння соняшнику у сушарці. Показано розташування газового пальника (ТС – пальник

серії Unigas CINQUECENTO), що нагріває повітря або агент сушіння та передає тепло до шару насіння у шахті сушарки. Блок мікропроцесорного програмованого логічного контролера (UY – VIPA 214-2BE03) розташовується у шафі керування, контролер передає данні про хід технологічного процесу на персональний комп'ютер, що виконує функцію пульта оператора (UYR – Персональний комп'ютер) що знаходиться на центральному пульті.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Після обрання апаратного забезпечення системи автоматизації, розробки документа функціональна схема автоматизації наступним кроком розроблено документи перелік елементів та схема електрична принципова (рис. 2.10, Додаток А) системи автоматизації технологічного процесу сушіння соняшнику у прямоточній двоступеневій шахтній сушарці ДСП-32.

У розроблених документах системи автоматизації використовуються два джерела живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1, G2) напругою 24 В постійного струму. Перше джерело живлення (G1) підключено до модулю аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50 (A2) та датчика ОВЕН ДТС035М (TE), а друге джерело живлення (G2) підключено до мікропроцесорного програмованого контролера VIPA 214-2BE03 (A1). Пульт оператора на базі промислового персонального комп'ютера (A3) відображає значення параметрів, значення керуючої дії для керування системою автоматизації технологічним процесом сушіння соняшнику у прямоточній двоступеневій сушарці ДСП-32. Передача даних між мікропроцесорним програмованим контролером (A1) і промисловим комп'ютером (A3) реалізовано через інтерфейс Ethernet з використанням кабелю віта пара.

Температура соняшнику вимірюється за допомогою датчика або термоперетворювача (TE – ОВЕН ДТС035М), що перетворює значення температури насіння соняшнику у струмовий сигнал 4-20 мА, що підключено до модуля аналогового вводу/виводу (A2) програмованого логічного контролера (A1). Значення температури агенту сушіння задається програмованим логічним

контролером (A1) та використовуючи модуль інтерфейсу RS-485 (A0), передається у цифровому вигляді до блоку автоматики пальника (ТС – пальник газовий серії Unigas CINQUECENTO) для нагрівання повітря або агенту сушіння до заданої температури.

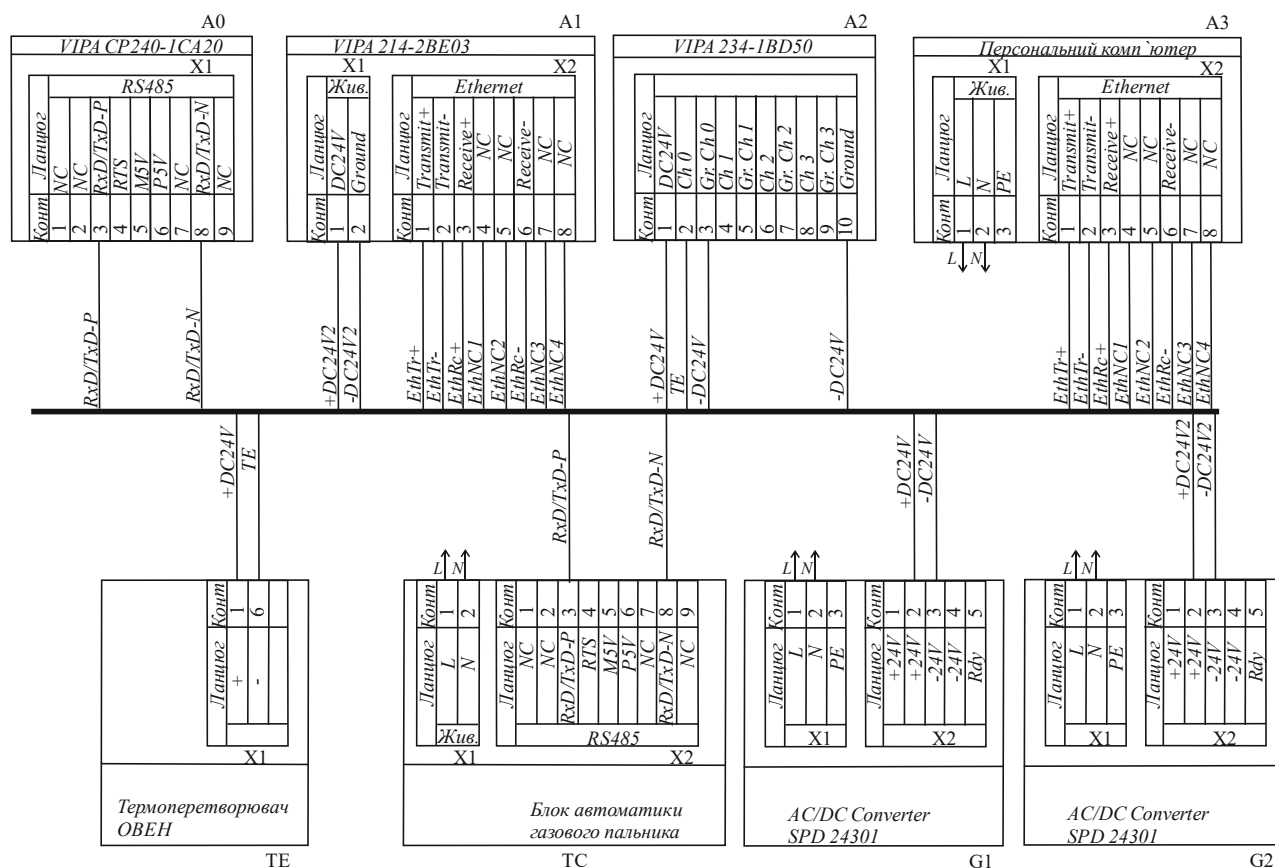


Рисунок 2.10 – Вид вигляду схеми електричної принципової системи автоматизації технологічного процесу сушіння соняшнику у сушарці ДСП-32

2.5 Висновки по розділу

Виконана розробка документів проекту системи автоматизації технологічного процесу сушіння соняшнику у прямоочній двоступеневій шахтній сушарці ДСП-32 розроблено структурну схему системи, обрано апаратне забезпечення системи на базі мікропроцесорного контролера VIPA, розроблено проект технічної документації з наступними документами – схема функціональна автоматизації, перелік елементів, схема електрична принципова.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Загальні відомості

У кваліфікаційній роботі об'єктом керування обрано зерносушарку ДСП-32 для сушіння соняшникового насіння.

Канал керування «температура агенту сушіння - температура нагріву насіння соняшнику, номінальне значення температури нагріву соняшникового насіння 50 °С (± 5 °С), номінальне значення температури агенту сушіння 130 °С (± 5 °С).

Система керування процесом сушіння соняшникового насіння у зерносушарку ДСП-32 має контролювати задані технологічні параметри сушіння насіння.

3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

У кваліфікаційній роботі будуть розглядатися питання по створенню системи керування зерносушаркою ДСП-32 для сушіння соняшникового насіння (рис. 3.1).

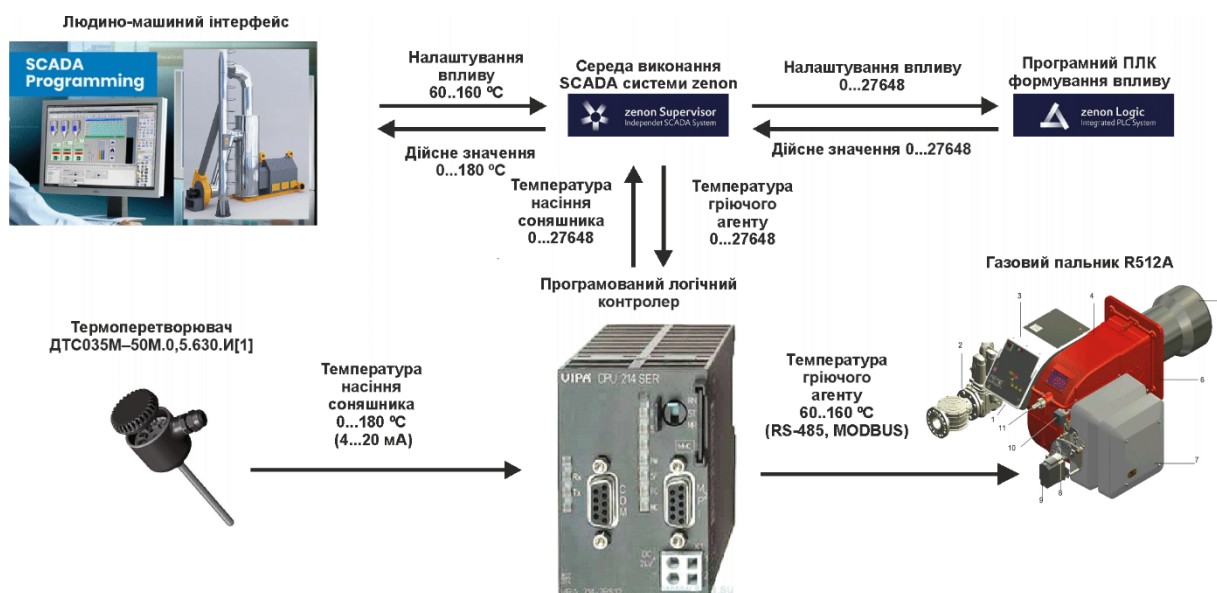


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт керування. Основними функціями цієї системи є формування і реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування його дійсного значення

на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Для отримання математичної моделі об'єкту керування треба провести комплексні заходи по дослідженню поведінки об'єкту керування під впливом ряду стандартних вхідних впливів. Візуалізація процесу керування у дослідницькій системі відбувається за допомогою персонального комп'ютера зі SCADA системою zenon. Така система дозволяє, крім функцій керування, виконувати також функції дослідження об'єкта керування, для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення.

Згідно зі структурною схемою, система дослідження має формувати керуючий вплив, в якості якого є завдання параметру температури гріючого агенту для системи управління газовим пальником, який впливає на дійсне значення об'єкту керування – температуру соняшникового насіння.

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером зі SCADA системою zenon реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

3.3 Виконання експерименту

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив – температура гріючого агенту змінювалася дискретно з мінімального можливого значення до максимального, а відповідне дійсне значення – температура соняшникового насіння, під впливом керуючого значення з часом теж змінювалась з мінімально можливого значення до максимального.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта керування (рис. 3.2). Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 60 °С. Після досягнення усталеного режиму для дійсного значення - мінімальна температура насіння, керуючий сигнал було встановлено на рівні 160 °С, а після досягнення усталеного режиму для дійсного значення на максимальному рівні експеримент було закінчено.

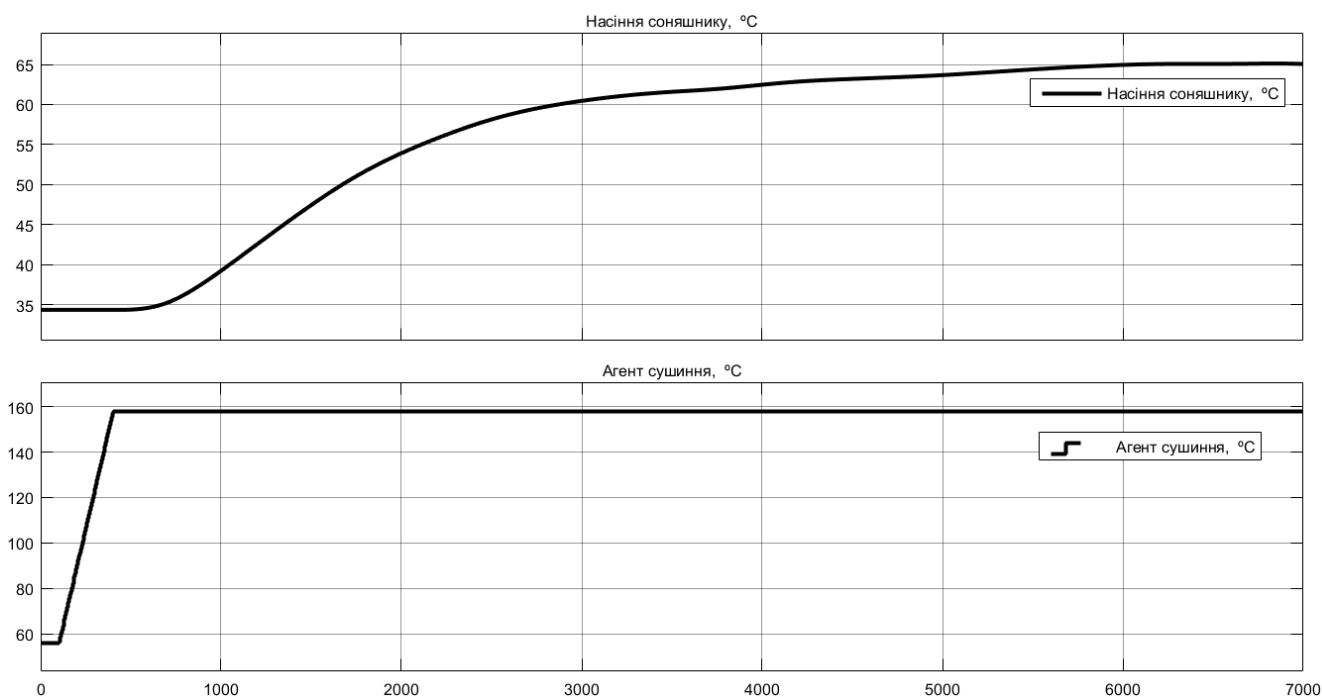


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3). Було поетапно встановлено керуючий сигнал, починаючи зі значення 0 % і покроковим збільшенням на 20 %, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

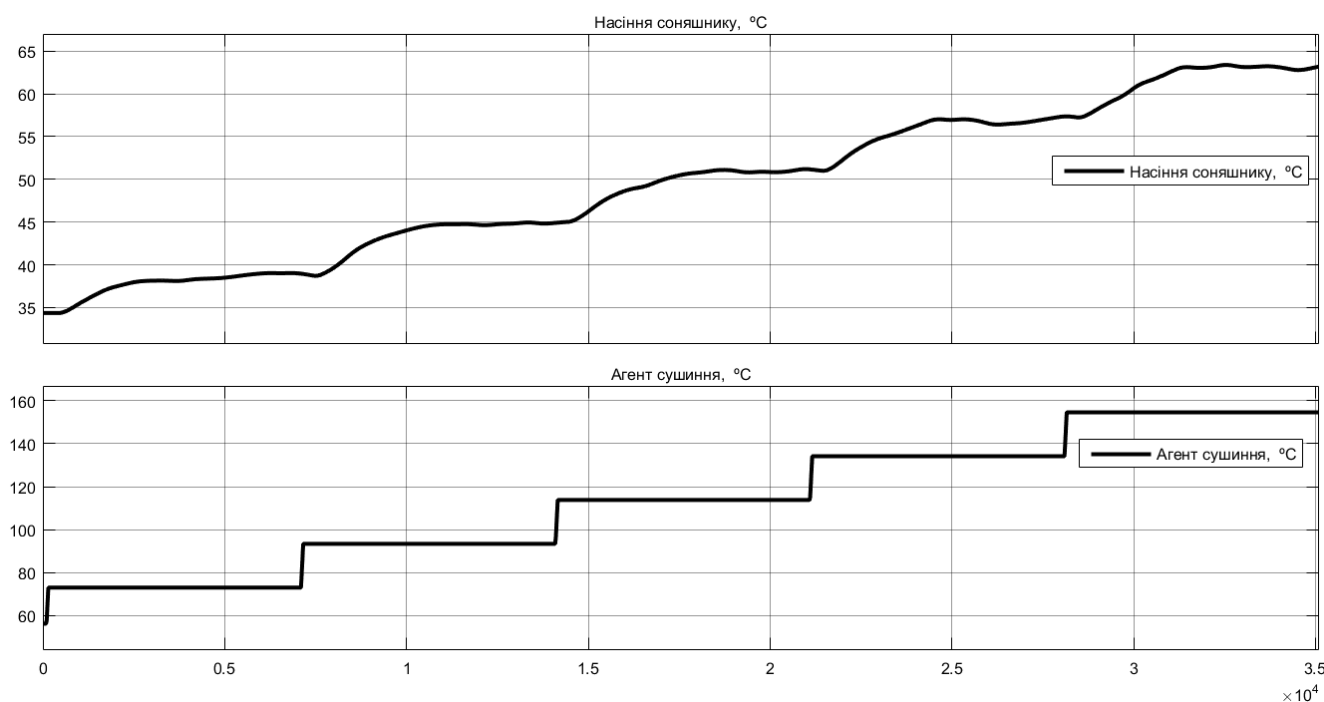


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

Після цього експеримент було закінчено.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4).

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 0 %, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Далі було встановлено керуючий сигнал на рівні 100%, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Далі було встановлено керуючий сигнал на рівні 0 %, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Після цього експеримент було закінчено.

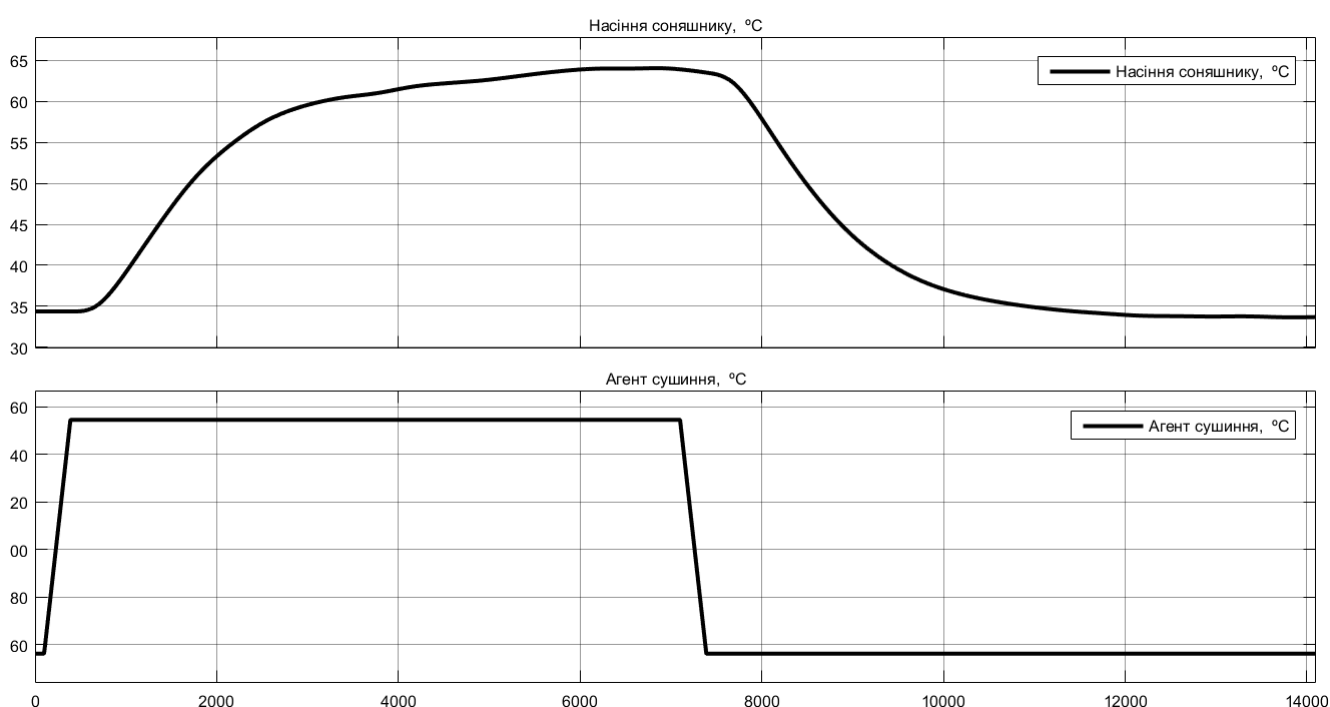


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5).

Для цього керуючий вплив було налаштовано на випадкову послідовність в діапазоні 0...100 %, з інтервалом зміни у 1 200 с, а сама реєстрація відбувалася на протязі 55 000 с.

У результаті виконання плану експерименту було проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

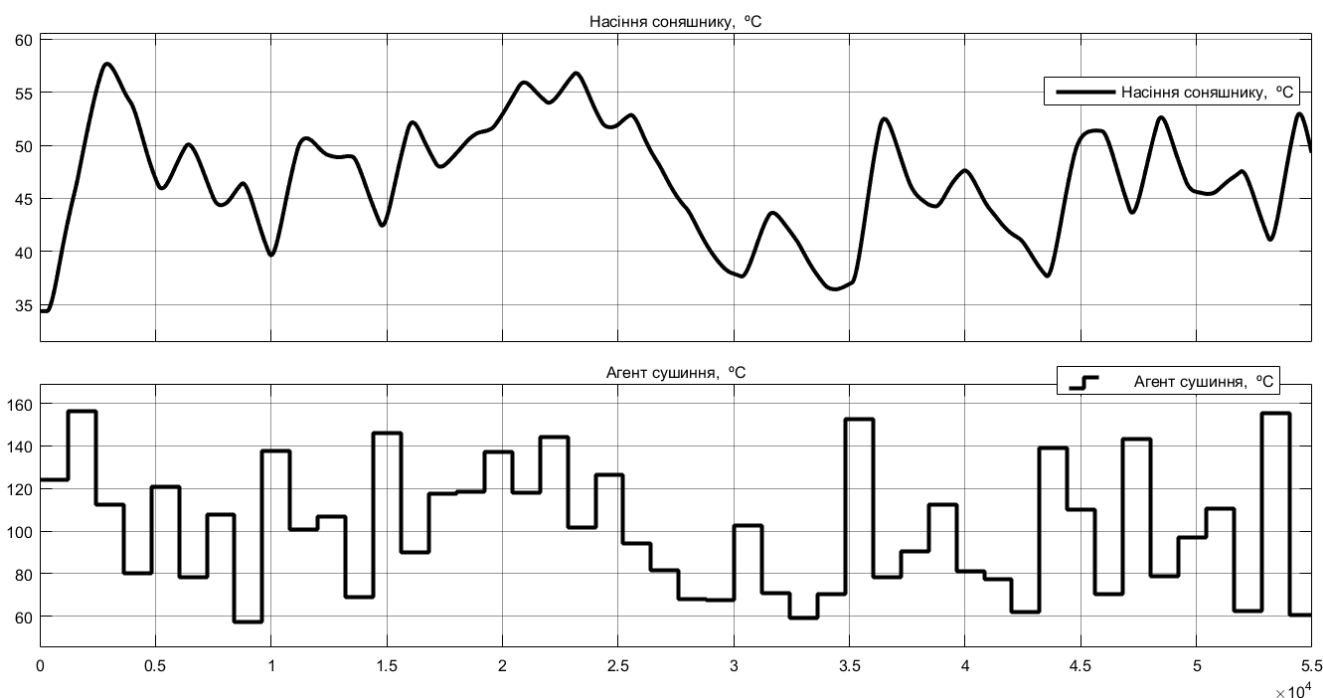


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6).

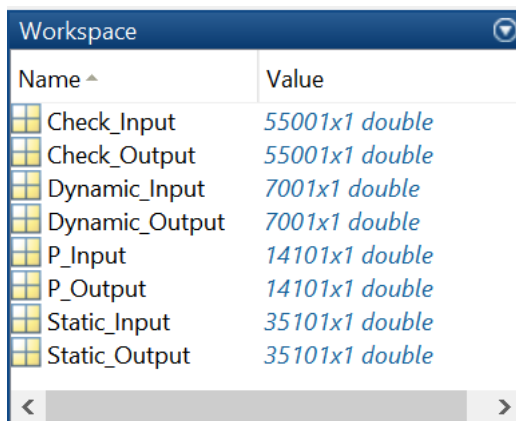


Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

Для подальшого аналізу дані були конвертовані до об'єктів типу "iddata". Та з отриманих даних була видалена статична складова.

На рис. 3.7 та рис. 3.8 показані результати моделювання з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірочної характеристик.

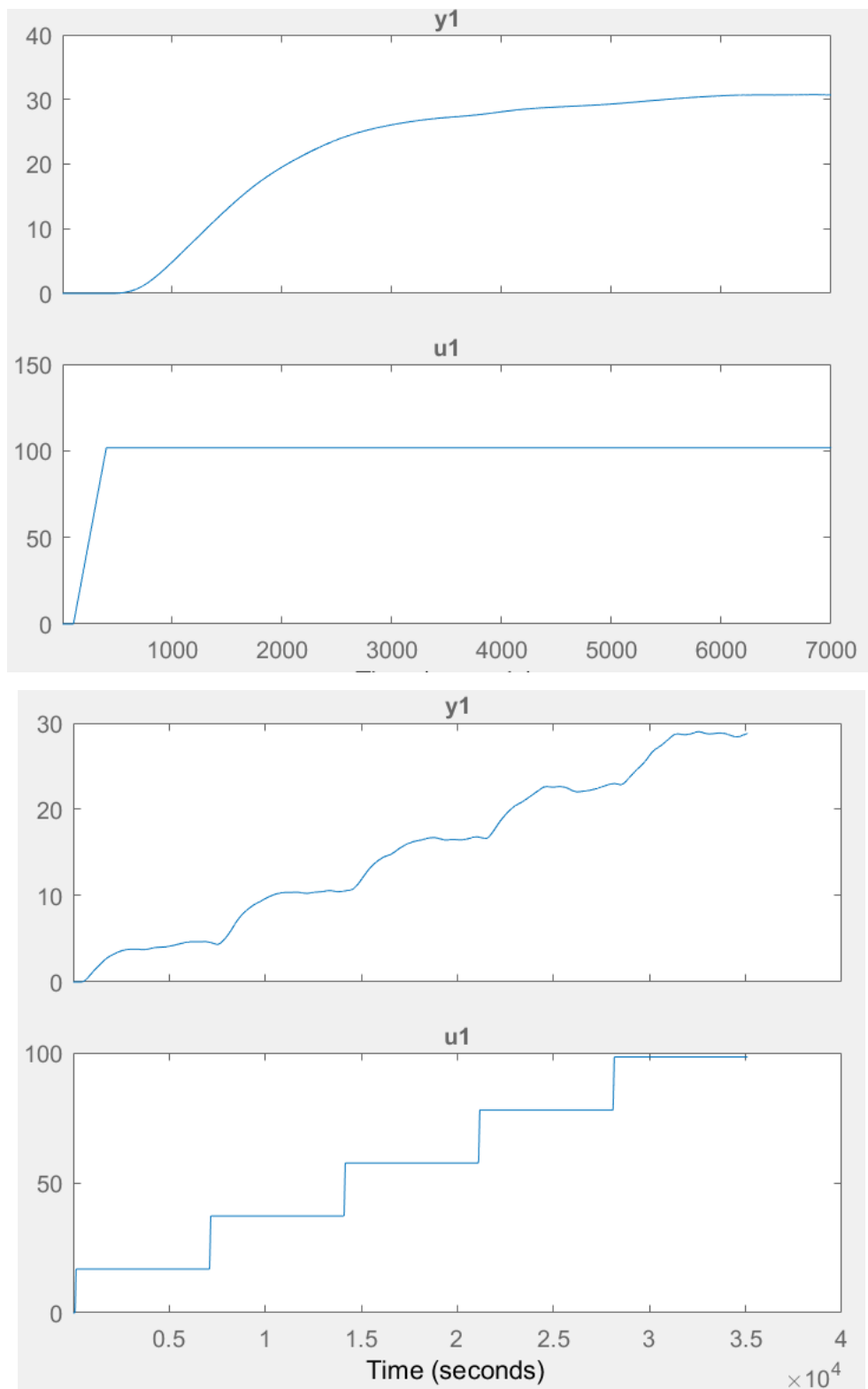


Рисунок 3.7 – Динамічна і статична характеристики з видаленими статичними складовими

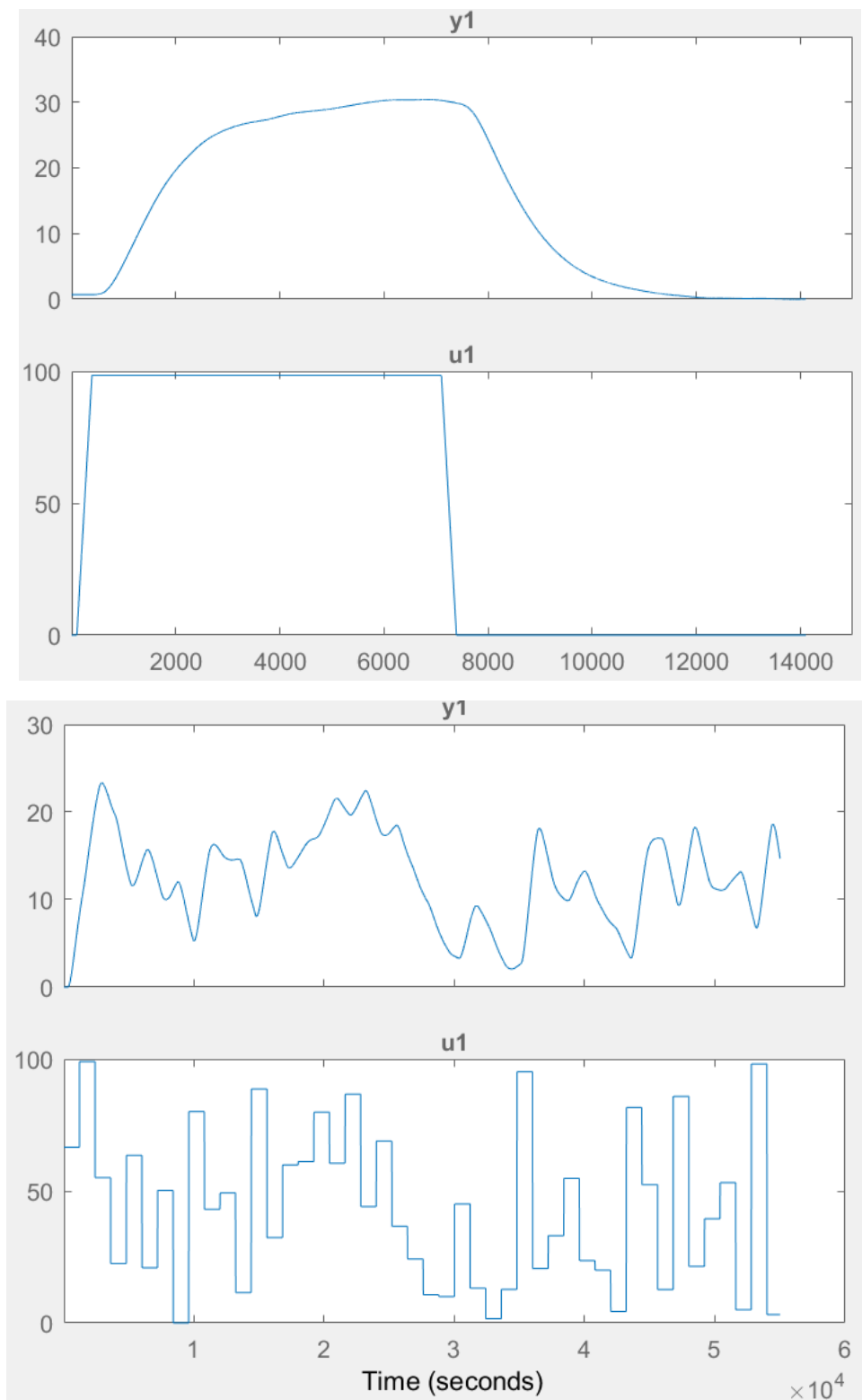


Рисунок 3.8 – П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.9).

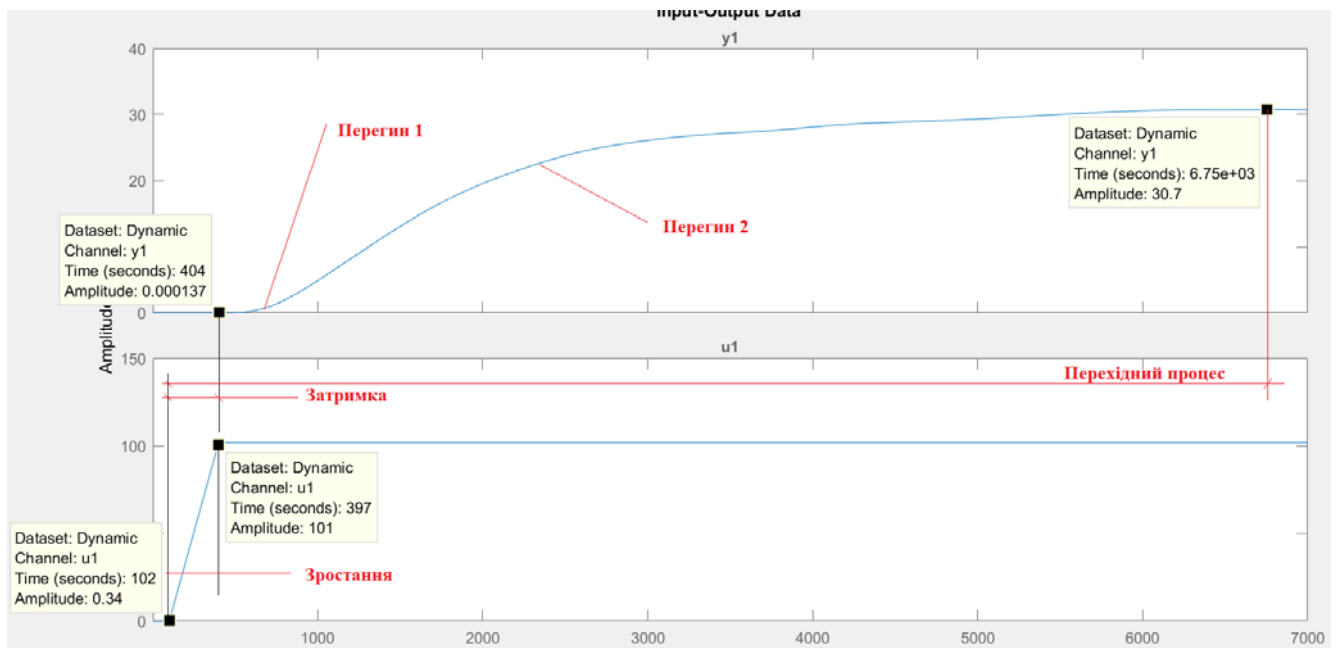


Рисунок 3.9 – Аналіз динамічної характеристики

Після подачі керуючого впливу дійсно значне змінюється з запізненням, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням. Це може бути пов'язано з конструктивними особливостями зерносушарки ДСП-32 та апаратами та параметрами технологічного процесу сушіння соняшникового насіння.

На динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого, або вищого порядку з запізненням.

Коефіцієнт посилення $K \approx 30,7 / 100,1 = 0,306$; час перехідного процесу приблизно $6\,750 - 100 = 6\,650$ с; постійна часу $6\,650 / 5 \approx 1\,330$ с; затримка $\approx 404 - 102 = 302$ с.

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.10).

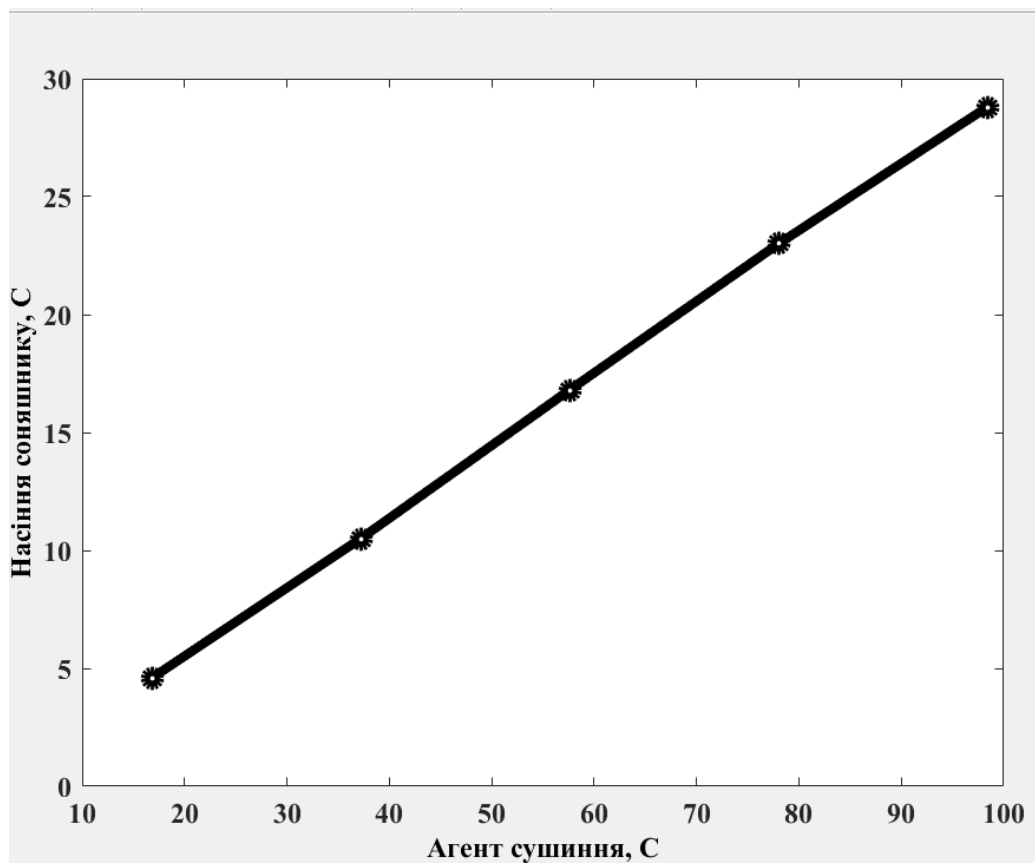
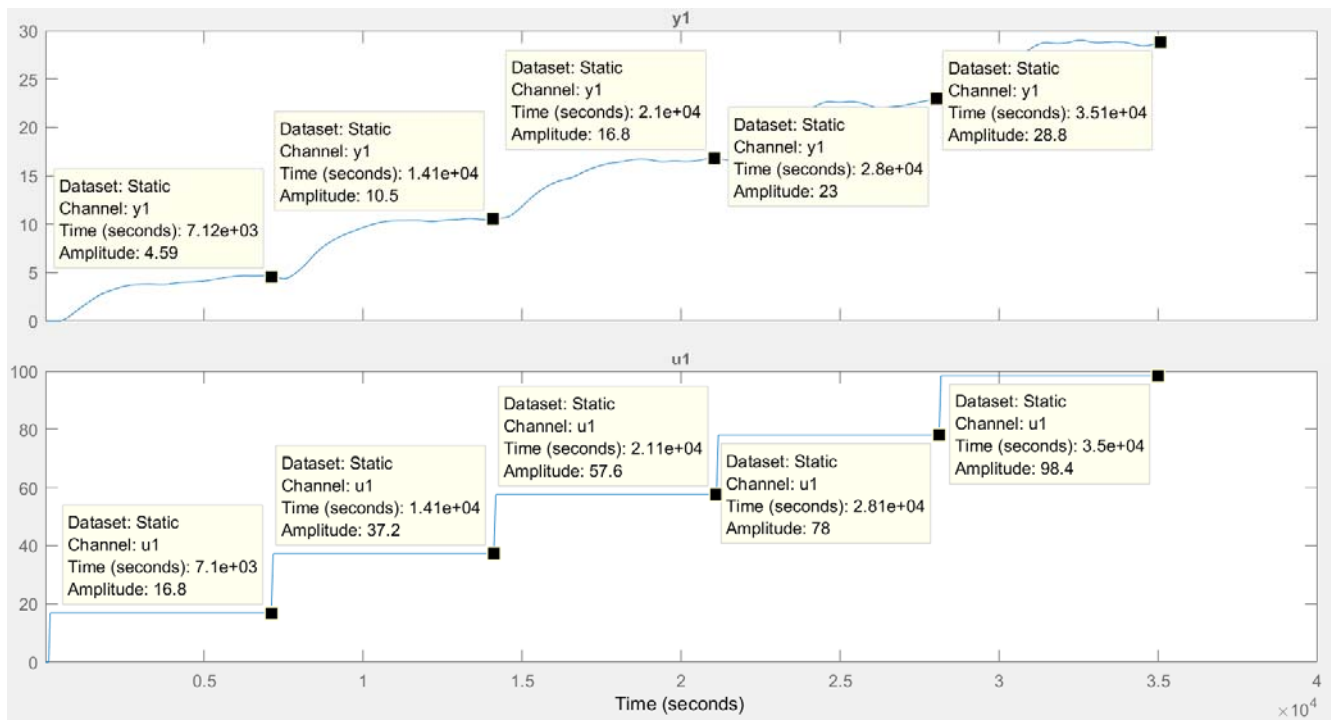


Рисунок 3.10 – Статична характеристика

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх точок крім нульових:

Static_Gain =
 0.2732 0.2823 0.2917 0.2949 0.2927

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 0.08 %

За статичною характеристикою та отриманими коефіцієнтами посилення об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі, так як відхилення коефіцієнту посилення у всьому діапазоні менше ніж величина технічної похибки 10 %.

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.11).

Збільшення керуючого впливу з 0 % до 100 % приводить до відповідного зменшення дійсного значення, а зменшення керуючого впливу з 100 % до 0 % приводить до відповідного збільшення дійсного значення. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

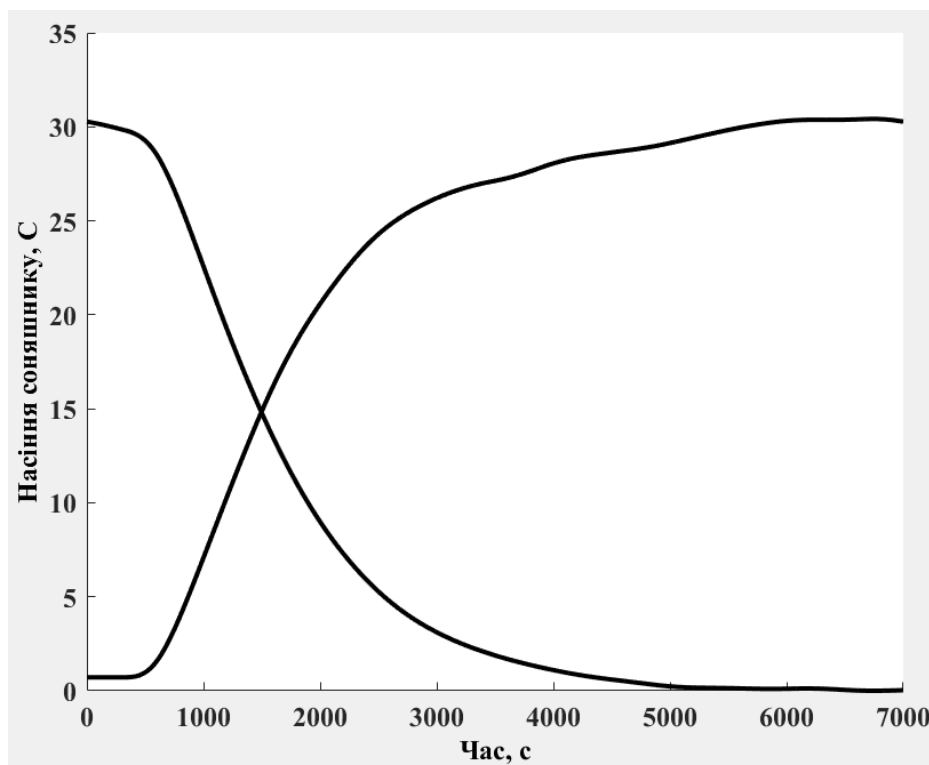


Рисунок 3.11 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика, яка отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду з

метою порівняння ділянок підйому та спаду, яке виконувалося через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

Порівняння ділянок підйому та спаду: 1.62 %

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичне відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартне середнє квадратичні відхилення ділянок підйому та спаду співпадають, таким чином об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

За результатами структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, симетричним, має два дійсні від'ємні домінуючі корені та ланку чистого запізнення. На підставі цього об'єкт керування може бути описано аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об'єкта керування; s – оператор диференціювання; k – коефіцієнт посилення; τ – час запізнення, с; T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.12) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic».

Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевіірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод «Process Models». Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.12.

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок першого, другого та третього порядку з запізненням.

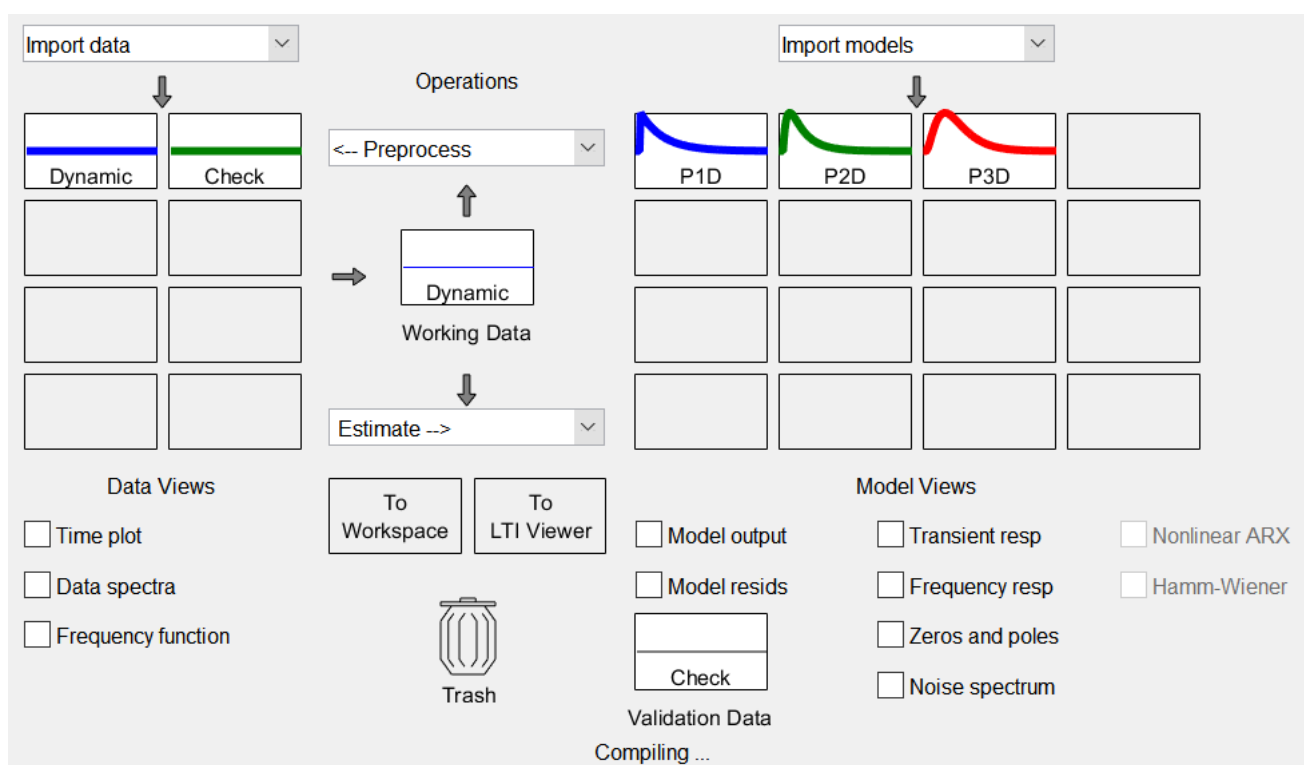
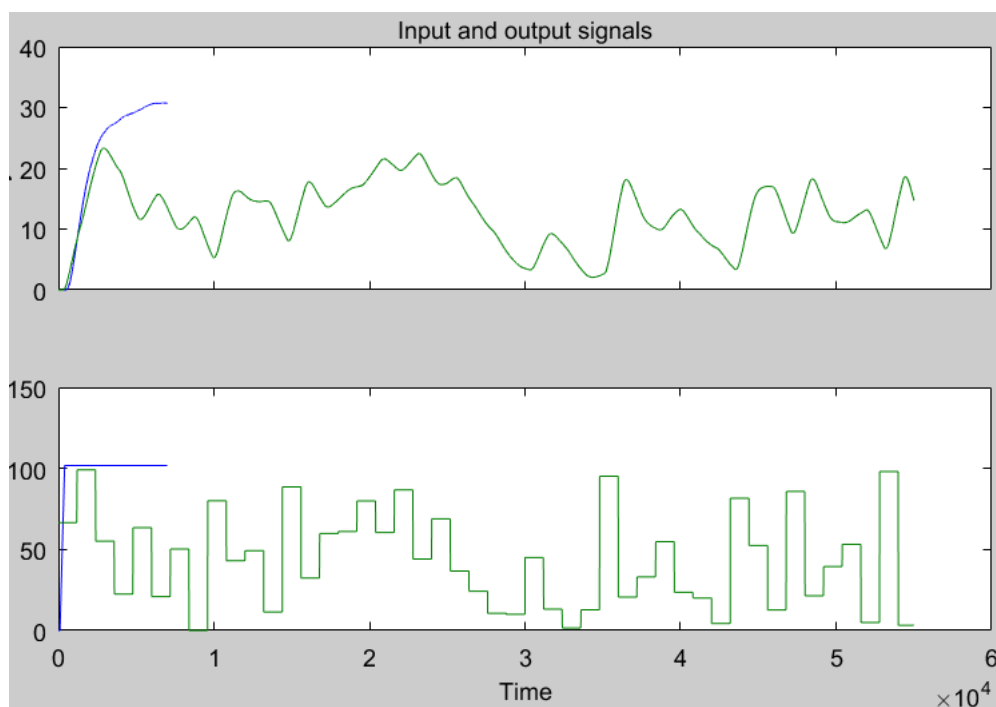


Рисунок 3.12 – Налаштування System Identification Toolbox

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.13 та в табл. 3.1.

Параметри ідентифікації за методом Process Models P1D:

$$G(s) = \frac{K_p}{s} * \exp(-T_d * s)$$

$$1+Tp1*s$$

$$\begin{aligned} Kp &= 0.30714 \text{ +/- } 0.00020971 \\ Tp1 &= 1433.5 \text{ +/- } 3.7668 \\ Td &= 310.4 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 91.35%
FPE: 0.825, MSE: 0.8243

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{Kp}{(1+Tp1*s)(1+Tp2*s)} * \exp(-Td*s)$$

$$\begin{aligned} Kp &= 0.29957 \text{ +/- } 8.9511e-05 \\ Tp1 &= 1127.5 \text{ +/- } 2.7774 \\ Tp2 &= 256.31 \text{ +/- } 2.4602 \\ Td &= 310.4 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 96.73%
FPE: 0.1177, MSE: 0.1176

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{Kp}{(1+Tp1*s)(1+Tp2*s)(1+Tp3*s)} * \exp(-Td*s)$$

$$\begin{aligned} Kp &= 0.30987 \text{ +/- } 0.13331 \\ Tp1 &= 1597.5 \text{ +/- } 3.1498e+06 \\ Tp2 &= 615.4 \text{ +/- } 4901.3 \\ Tp3 &= 1594.3 \text{ +/- } 3.151e+06 \\ Td &= 310.4 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 90.7%
FPE: 0.9549, MSE: 0.953

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P1D, P2D та P2D до перевірочних даних Check, отриманих на об'єкті керування, наведена на рис. 3.13 та представлена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Відповідність отриманих моделей до перевірочних даних об'єкта керування

Назва параметру	P1D	P2D	P3D
k	0,30714	0,29957	0,30987
T_1, c	1433,5	1127,5	1597,5
T_2, c	-	256,31	615,4
T_3, c	-	-	1594,3
τ	310,4	310,4	310,4
НСКП, %	91,35	96,73	90,7
ПОП	0,825	0,1177	0,9549
СКП	0,8243	0,1176	0,953
НСКП, %	74,02	90,41	23,13

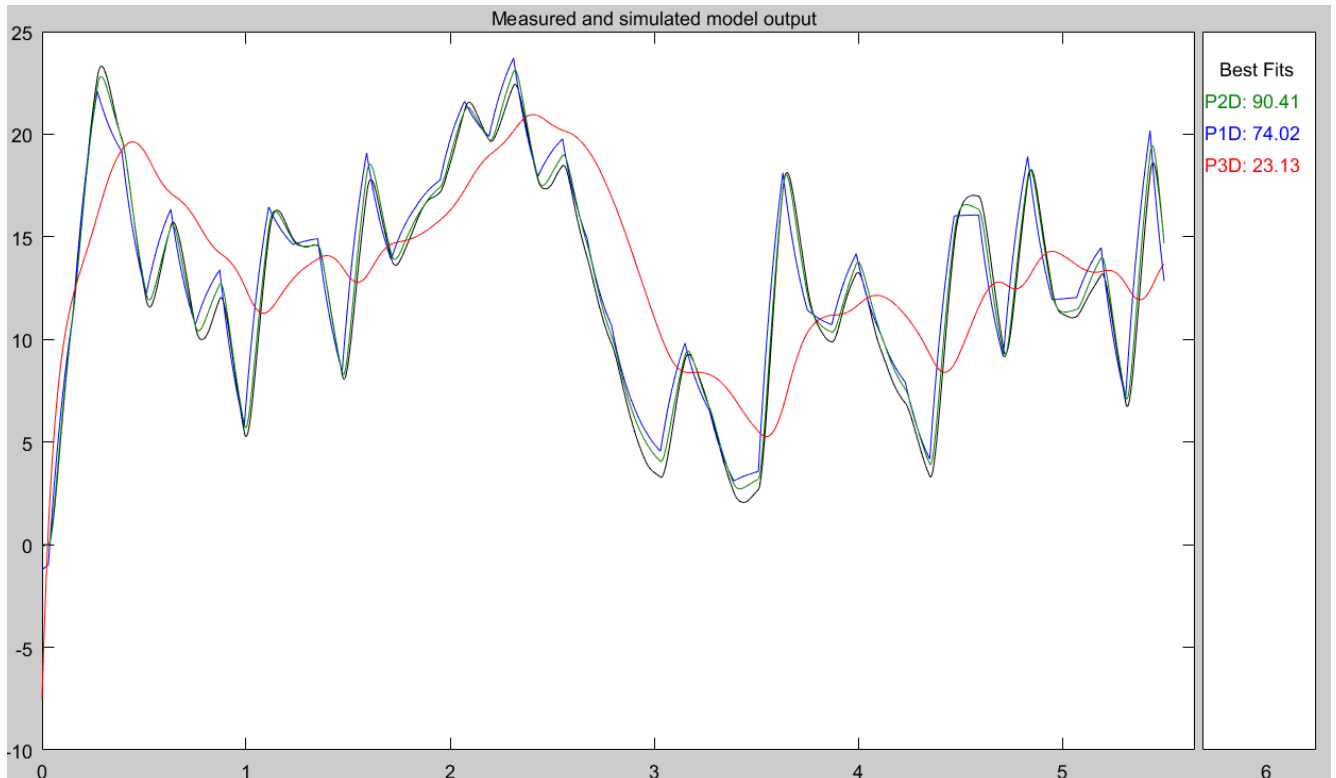


Рисунок 3.13 – Перевірка результатів розрахунків

Аналіз відмінностей між оцінками отриманих моделей по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), підходять все моделі P1D...P3D з показниками більше ніж 90 %, так як цей показник більше гранично припустимого значення у 80 %. Таким чином попередньо перевага за моделлю P1D – за показником найбільш простої реалізації.

Але головним показником, який впливає на остаточний вибір між цими моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними. Задовільний показник має тільки модель P2D, яка має достатню відповідність до перевірочних даних, яка більше ніж граничне припустиме значення у 80 %.

Для параметричної перевірки обраної моделі P2D можна звернути увагу на наступні показники, отримані за динамічною характеристикою (рис. 3.9) - коефіцієнт посилення 0,306; постійна часу 1 330 с, 302 с.

Для отриманої моделі другого порядку P2D коефіцієнт посилення дорівнює 0,29957; постійна часу становить $1127,5 + 256,31 = 1\,383,81$ с, а затримка 310,4 с,

що додатково підтверджує, що об'єкту керування дійсно відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 90,41 %:

$$W(s) = \frac{0,3 \cdot e^{-310s}}{(1128s + 1) \cdot (256 + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель зерносушарки ДСП-32 (рис. 3.14) та схема складена схема отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.15).

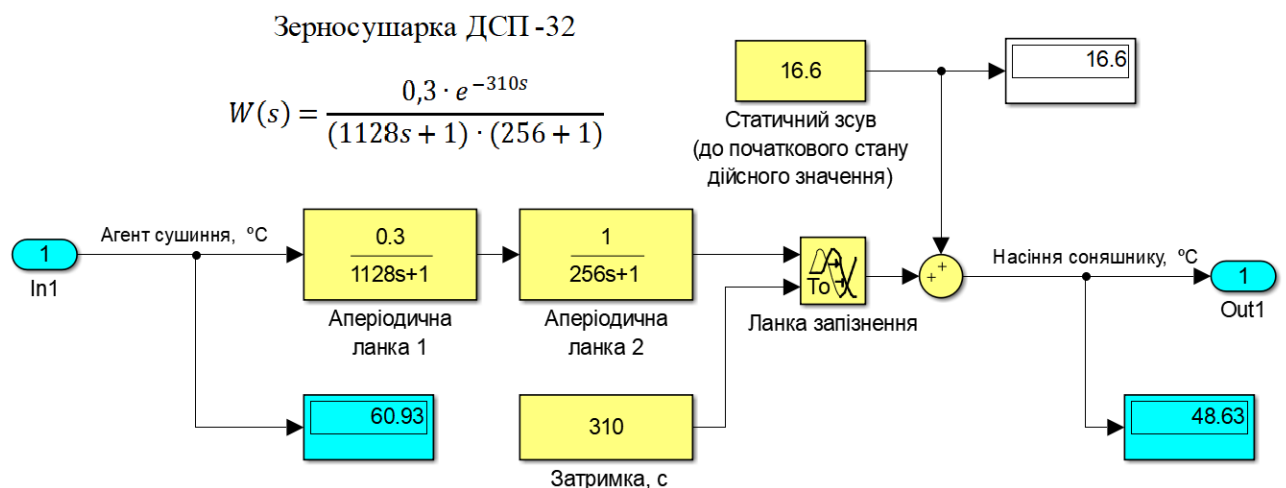


Рисунок 3.14 – Модель об'єкта керування - зерносушарка ДСП-32

При налаштуванні схеми час моделювання задано 35 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

На виході моделі зерносушарки ДСП-32 додано статичний зсув характеристики дійсного значення, який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкта керування. На вихід моделі P2D також доданий статичний зсув дійсного значення, додано статичний зсув

характеристики дійсного значення, який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування.

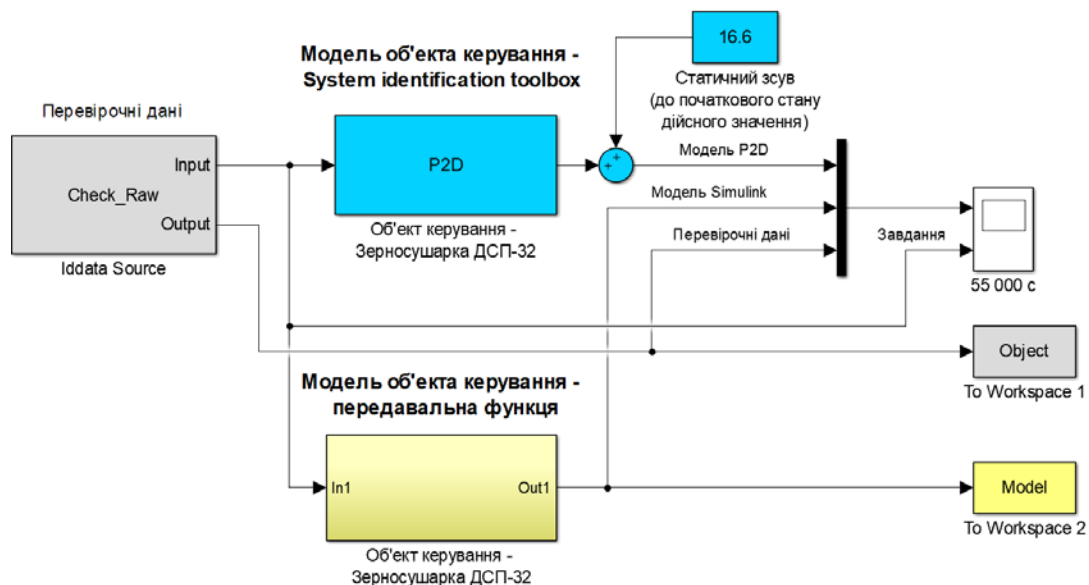


Рисунок 3.15 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

Порівняння відбувається з чистими перевірочними даними над якими не виконувалися дії які б могли їх «скомпрометувати».

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модель P2D») та моделі розробленій на базі передавальної функції (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

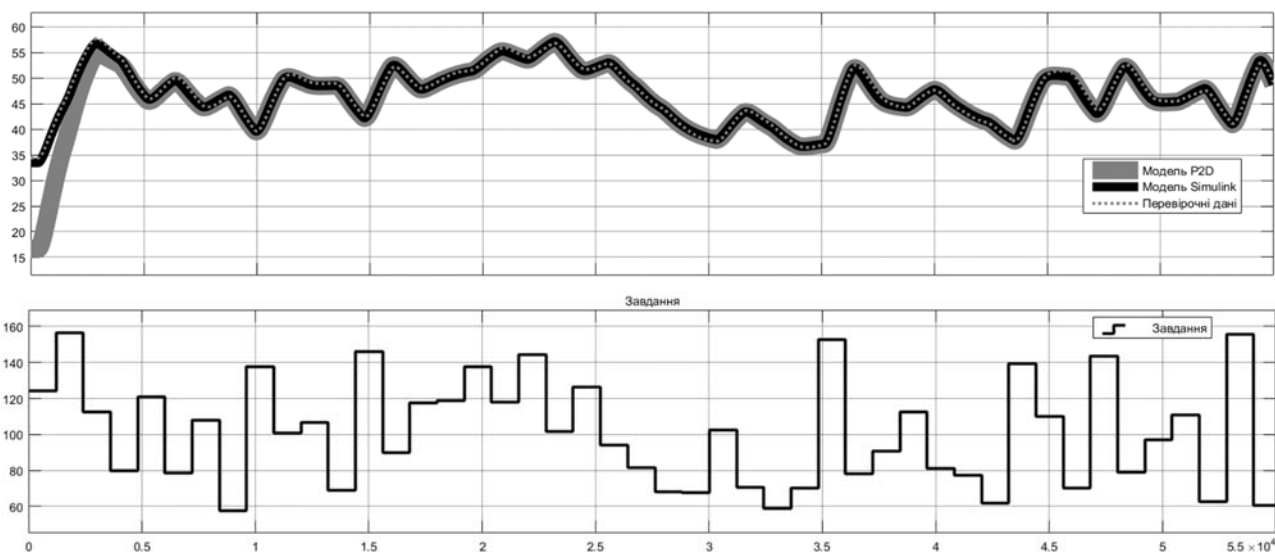


Рисунок 3.16 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинні бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,9. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені. Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність.

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0

Коефіцієнт кореляції: 0.997

Статистичний критерій Фішера: 8625179.218

Критичне значення статистики Фішера: 2.706

Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Використовуючи скрипт GetAdequacy.m встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції близький до 1. Статистичний критерій Фішера 8 625 179 більший критичного значення 2,706, тобто модель є адекватною до об'єкта керування.

3.5 Розробка моделі обмежувача швидкості зміни температури

Для імітації роботи обмежувача швидкості зміни параметру температурного агенту з мінімального значення температури на максимальне значення і навпаки, яке становить 300 с (рис. 3.9), скористаємося спрощеною моделлю, виконаною на базі блоку Rate Limiter (рис. 3.17).

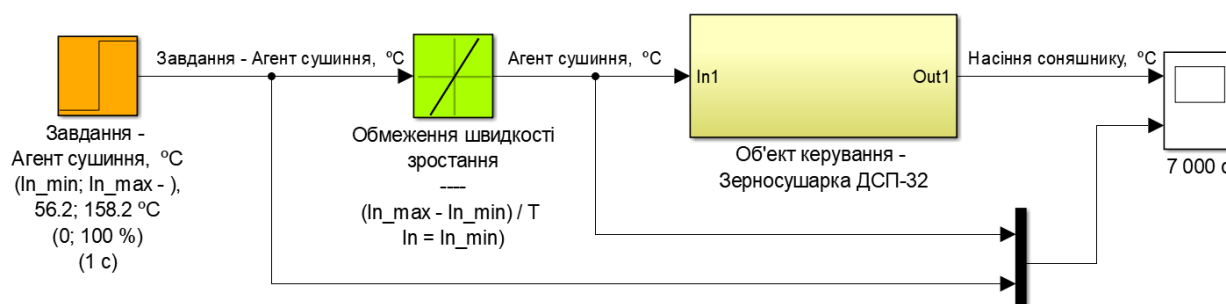


Рисунок 3.17 – Схема перевірки роботи обмеження швидкості зміни для температурного агенту

Графік роботи моделі обмеження швидкості зміни для температурного агента представлено на рис. 3.18.

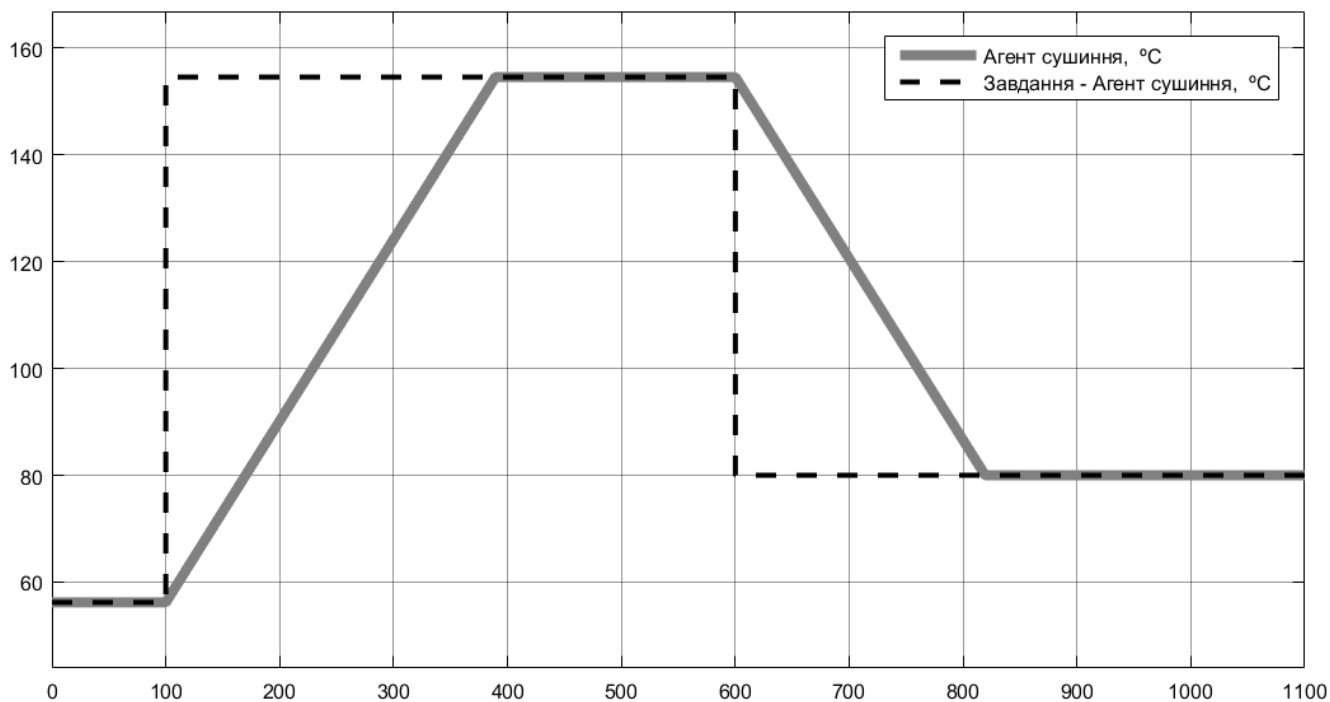


Рисунок 3.18 – Моделювання роботи шнекового дозатора

3.6 Остаточна комплексна модель об'єкту керування

Комплексна модель об'єкту керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рис. 3.19, яка складається з моделі схеми обмеження швидкості зміни параметру температурного агента (рис. 3.18) та моделі зерносушарки ДСП-32.

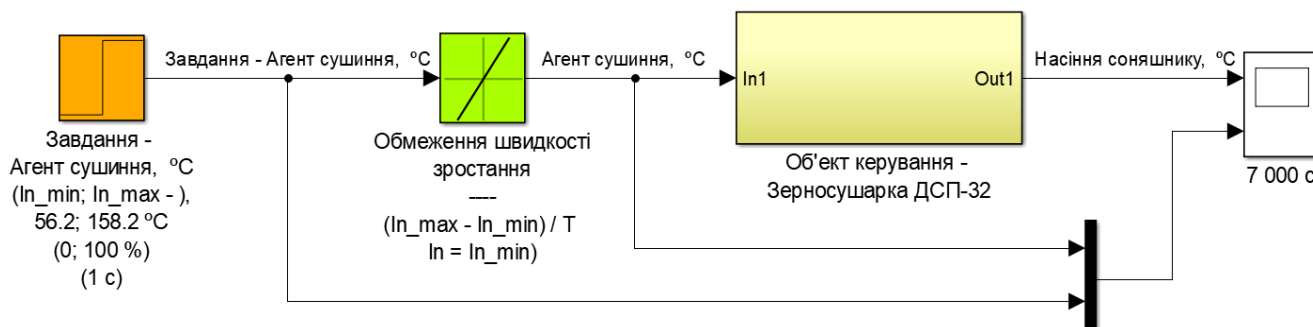


Рисунок 3.19 - Комплексна модель об'єкту керування

Динамічна характеристики для комплексної моделі об'єкту керування наведено на рис. 3.20.

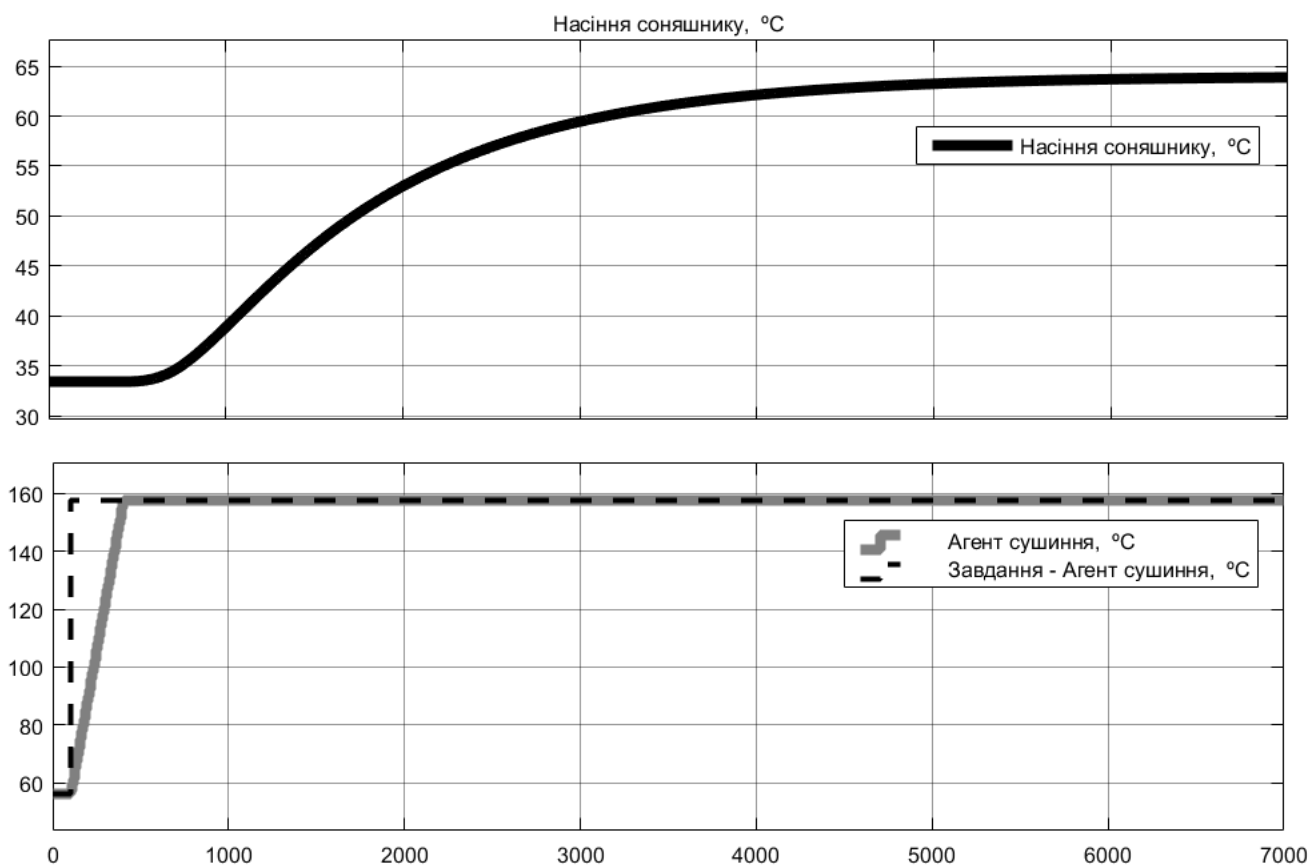


Рисунок 3.20 - Динамічна характеристика комплексної моделі об'єкта керування

3.7 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування - зерносушарки ДСП-32 відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення 0,3 та постійні часу 1128, 256, а затримка становить 310 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у 90,4 %, сильний кореляційний зв'язок близький до 1,0 та статистичний критерій Фішера дорівнює 8 625 179 і значно більше ніж критичне значення 2,706. Велике значення

статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибіркового даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

Остаточна комплексна модель об'єкту керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink, яка складається з моделі схеми обмеження швидкості зміни параметру температурного агенту (рис. 3.18) та моделі зерносушарки ДСП-32.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу, отримана модель є адекватною до об'єкта керування - зерносушарки ДСП-32. Модель об'єкту керування може бути використана для подальшої розробки системи керування за обраним каналом керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення системи керування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом автоматизації була обрана зерносушарку ДСП-32 для сушіння соняшникового насіння.

Процес зберігання включає комплекс заходів, які сприяють збереженню запасів соняшникового насіння та мінімізації втрат його маси. Для цього необхідно дотримуватись режиму зберігання, правильно підготувати партію соняшникового насіння та приміщення для зберігання. На збереження запасів впливають температура і вологість, які визначають інтенсивність біохімічних процесів і розвиток мікроорганізмів і шкідників у зерновій масі. Дуже важливо стежити за цими показниками. Необхідно мати високоточне обладнання, яке допоможе контролювати рівень температури та вологості протягом усього періоду зберігання, тим самим убезпечивши підприємців від значних втрат.

При зниженні вологості соняшникового насіння до 11...12 % в ньому припиняються майже всі біохімічні процеси, припиняється розвиток мікроорганізмів, кліщів і комах. Таке соняшникове насіння може зберігатися багато років, втрати маси складуть лише 0,02...0,03% на рік. Якщо не контролювати рівень вологості і не допускати його підвищення, з часом з'являться цвіль і шкідники, процеси їх життєдіяльності будуть супроводжуватися виділенням тепла. Соняшникове насіння почне самозігріватися, що призведе до втрати маси (4...8%) і якості. Крім того, соняшникове насіння матиме затхлий запах, який неможливо вивести, пліснявими грибками вироблятимуться токсини, шкідливі для тварин і людини.

Мокре соняшникове насіння може прорости, що спричинить втрату ваги та погіршення якості.

Складські приміщення перед завантаженням соняшникового насіння дезінфікують - обладнання, тару і транспортні засоби дезінфікують газовим, аерозольним або вологим способами. Перед безпосереднім завантаженням

соняшникове насіння очищають від уламків землі, бур'янів та іншого сміття і ретельно просушують. У більшості випадків соняшникове насіння зберігають насипом у силосах на різній висоті до 15...30 м. Елітне насіння рослини зберігають у контейнерах.

Сушка є основною технологічною операцією, яка сприяє тривалому зберіганню зерна та насіння.

У промислових масштабах зерно сушать двома основними способами за допомогою спеціальних зерносушарок:

- без штучного теплопостачання;
- переведення рідини в пароподібний стан за допомогою додаткових джерел тепла.

Продуктивність сушіння зерна ДСП-32 становить 32 т/г, і це сушильна машина з високою потужністю і ефективністю. Тип палива для ДСП-32 замовник може обрати самостійно. Теплогенератор цього пристрою може працювати на газі, дизельному паливі, мазуті. Щоб знизити собівартість зерна, підвищити рентабельність підприємства, важливо своєчасно відновлювати обладнання, підвищувати його ефективність. Якщо зерносушильне обладнання буде працювати недостатньо ефективно, при великих витратах, економічна ефективність підприємства значно знизиться.

Кожна шахта розділена вертикально на три зони. Перші два сушаться і мають різну температуру сушіння, а третій - зона охолодження зерна. В охолоджувальній частині шахти є 18 рядів каналів, а в сушильній – також 18. Завдяки ручному затвору, розташованому між зонами, сире зерно не потрапляє в зону охолодження. Між шахтами розташована повітророзподільна камера з двома секціями, що розділяють зони охолодження і сушіння. За допомогою вентилятора в кожную область вводиться сушильний агент. Після фізичного навантаження виводиться з організму по видільних каналах. Для захисту конструкції від атмосферних опадів над відкритими частинами ящиків передбачені захисні маски.

4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування

Розрахуємо капітальні витрати:

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

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати, грн.; $C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання, грн.; $D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати, грн.; $M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи, грн.; $K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат $C_{\text{ОБ}}$

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	Модуль мікропроцесорний VIPA 214-2BE03	од.	1	19 900,00	19 900,00
2	Модуль аналог вход/вихід сигналів VIPA 234-1BD50	од.	1	12 800,00	12 800,00
3	Модуль комунікаційного процесора VIPA 240-1CA20	од.	1	7 900,00	7 900,00
4	Джерело живлення SPD24301	од.	2	2 100,00	4 200,00
5	Термоперетворювач ДТС035М-50М.0,5.630.И[1]	од.	1	2 150,00	2 150,00
6	Кабель контрольний КВВГ 4x1	од.	1	48 735,90	48 735,90
7	Кабель контрольний КВВГ 4x1	м	20	65,00	1 300,00
8	Кабель екранована віта пара FTP	м	15	45,00	675,00
	Разом				97 660,90

Вартість обладнання складає $C_{\text{ОБ}} = 97\,660,90$ грн.

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

$$D_{\text{ТР}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{\text{ТР}} = 97\,660,90 \cdot 0,08 = 7\,812,88 \text{ грн.}$$

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

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{\text{МН}} = 97\,660,90 \cdot 0,07 = 6\,836,27 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення (ПЗ) розраховується як:

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

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення, люд.-год.;
 t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання, люд.-год.;
 t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування, люд.-год.; t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму, люд.-год.; t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму, люд.-год.; t_{OT} – витрати праці на налаштування програмного забезпечення, люд.-год.; t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню, люд.-год.

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

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

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
 q – кількість операторів у програмному забезпеченні (на мові Structured Text, типове значення 200... 300, приймаємо $q = 250$); c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,4$); p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,3$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 250 * 1,4 * (1 + 0,3) \approx 455$$

Витрати праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 40$ люд.-год.

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

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

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,6$);
 k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,3$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 455 * 1,6 / (80 * 1,35) \approx 7 \text{ люд. – год}$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 455 / (20 * 1,35) \approx 17 \text{ (люд. – год.)}.$$

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 455 / (20 * 1,35) \approx 17 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_h = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 455 / (4 * 1,35) \approx 85 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

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

де $t_{др}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;
 $t_{до}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{др} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k} \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 455 / (15 * 1,35) \approx 23 \text{ люд. – год.}$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 23 = 18 \text{ люд. - год.}$$

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

$$t_g = 23 + 18 = 41 \text{ люд. - год.}$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 40 + 7 + 17 + 17 + 85 + 41 = 207 \text{ люд.-год.}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку ПЗ визначається як:

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

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ, грн.; $Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ, грн.

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

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

де t – час розробки ПЗ, год; $C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 200,00$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 207 * 200,00 = 41\,400,00 \text{ грн.},$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

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

де t_n – час налаштування ПЗ, год; $C_{\text{МЧ}}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{\text{МЧ}} = 20,00$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{МІ}} = 17 * 20,00 = 340,00 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{ПЗ}} = 41\,400,00 + 340,00 = 41\,740,00 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

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

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

$$T = 207 / (1 \cdot 176) \approx 1,5 \text{ міс.}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = 97\,660,90 + 7\,812,88 + 6\,836,27 + 41\,740,00 \approx \\ \approx 154\,050,05 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

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

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування, грн.; C_a – амортизація основних фондів, грн.; C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.; C_c – відрахування на соціальні заходи, грн.; $C_{\text{РО}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання, грн.; C_{ee} – вартість електроенергії, грн.; $C_{\text{ІНШ}}$ – інші витрати, грн.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

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

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років. При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

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

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

Амортизація основних фондів визначається як:

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

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

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

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

Сума амортизації для проектованої і базової системи становить:

$$C_a = 154\,050,05 \cdot 40 / 100 = 61\,620,02 \text{ грн.}$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

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

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника, год.; T_K – календарний фонд робочого часу, днів ($T_K = 365$); $T_{ВС}$ – вихідні дні та свята, днів ($T_{ВС} = 116$); T_B – відпустка, днів ($T_B = 21$); T_3 – тривалість зміни, год ($T_3 = 8$).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{НР} = (365 - 116 - 21) \cdot 8 = 1\,824 \text{ год.}$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу на зміну, 1 інженер-технолог на зміну, та 1 наладчик електроустаткування на добу. Процес безперервний – 3 зміни на добу.

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./год.	Номінальний річний фонд	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	180,00	1 824	984 960,00	78 796,80	68 947,20	1 132 704,00
2	Інженер-технолог	3	250,00	1 824	1 368 000,00	109 440,00	95 760,00	1 573 200,00
3	Наладчик	1	210,00	1 824	383 040,00	30 643,20	26 812,80	440 496,00
Разом								3 146 400,00

Заробітна плата персоналу системи керування $C_3 = 3\,146\,400,00$ грн.

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3, \text{ грн.} \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 3\,146\,400,00 = 692\,208,00 \text{ грн.}$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

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

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

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 154\,050,05 = 7\,702,51 \text{ грн.}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування:

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

де K_e – кількість електроенергії, спожите системою керування (приймаємо $K_e = 2,5$ кВт · год.); T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ год.); K_{RD} – кількість робочих днів у році ($K_{RD} = 365$ день); T_e – тариф на

електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 4,48907 грн.·кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 4,48907 * 1,2 = 5,39$ грн.).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 2,5 * 365 * 24 * 5,39 = 118\,041,00 \text{ грн.}$$

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:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 * 3\,146\,400,00 = 125\,856,00 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (табл. 4.4):

$$C = 61\,620,02 + 3\,146\,400,00 + 692\,208,00 + 7\,702,51 + 118\,041,00 \\ + 125\,856,00 = 4\,151\,827,53 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	61 620,02
2	Фонд заробітної плати	3 146 400,00
3	Відрахування на соціальні виплати	692 208,00
4	Ремонт та технічне обслуговування	7 702,51
5	Електроенергія	118 041,00
6	Інше	125 856,00
7	Загалом	4 151 827,53

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають до 155 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть до 4,2 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні відомості

Зерносушарки є важливою частиною обладнання на багатьох каліфорнійських фермах, яке гарантує, що будь-яке зерно, яке ви зібрали, готове до розподілу та не псується. Насправді високий рівень вологи у вашій кукурудзі, сої чи інших культурах може значно вплинути на тривалість їх життя та загальну цінність.

І хоча зерносушарки можуть допомогти отримати здорові та прибуткові врожаї, вони несуть значний рівень ризику, особливо у зв'язку з пожежами. Дані свідчать про те, що кількість пожеж у зерносушарках щорічно зростає і часто спричинена:

- відсутність підготовки оператора;
- мінімальний нагляд або моніторинг під час роботи зерносушарки;
- погана практика очищення та обслуговування;
- робота зерносушарок при надто високих температурах;
- перезапуск гарячих або теплих зерносушарок без повної перевірки.

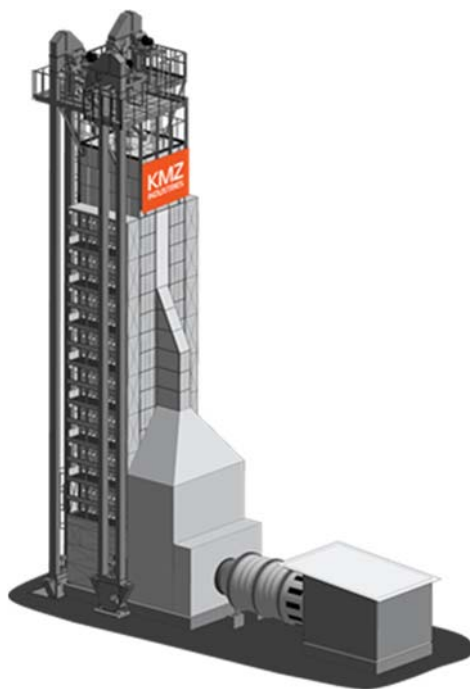


Рисунок 5.1 – Зерносушарка ДСП-32

5.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників

Галузь обробки зерна є високонебезпечною галуззю, де працівники можуть наражатися на численні серйозні та небезпечні для життя небезпеки. Ці небезпеки включають: пожежі та вибухи внаслідок накопичення зернового пилу, задуху внаслідок захоплення та захоплення зернових бункерів, падіння з висоти та розчавлення та ампутації від обладнання для обробки зерна.

Основною причиною смерті в бункерах для зберігання зерна є задуха. Задуха може виникнути, коли працівника засипає (поглинає) зерно, коли він ходить по рухомому зерну або намагається очистити зерно, що накопичилося всередині бункера. Зерно, що переміщується, діє як «плинний пісок» і може поховати працівника за лічені секунди. «Мостове» зерно і вертикальні купи зберігається зерна також можуть несподівано зруйнуватися, якщо працівник стоїть на них або біля них. Поведінка і вага зерна роблять вкрай складним для робітника вийти з нього без сторонньої допомоги.

Вибухи зернового пилу часто бувають серйозними, спричиняючи загибель людей і значну матеріальну шкоду. Зерновий пил є основним джерелом палива для вибухів при переробці зерна. Зерновий пил є дуже горючим і може горіти або вибухнути, якщо його достатньо вилітає в повітря або накопичується на поверхні та знаходить джерело займання (наприклад, гарячий підшипник, перегрітий двигун, неправильна конвеєрна стрічка, зварювання, різання та пайка). Стандарти OSHA вимагають, щоб як зерновий пил, так і джерела займання повинні контролюватися на зернових елеваторах, щоб запобігти таким часто смертельним вибухам.

Падіння з висоти може статися з багатьох пішохідних/робочих поверхонь по всьому об'єкту обробки зерна. Приклади таких поверхонь включають (але не обмежуються ними) підлоги, механізми, конструкції, дахи, світлові вікна, отвори без захисту, отвори в стінах і підлозі, драбини, доріжки без захисту, платформи та ліфти. Падіння також може статися, коли працівники переходять із вертикальних зовнішніх драбин на зернових бункерах на дах бункера або через вхід бункера.

Механічне обладнання в складі зерна, таке як шнеки та конвеєри, становить серйозну небезпеку заплутування та ампутації. Працівники можуть легко зачепити свої кінцівки за неналежним чином захищені рухомі частини такого механічного обладнання.

У сховищах також може утворюватися небезпечна атмосфера через гази, що виділяються під час псування зерна або фумігації. Працівники можуть піддаватися шкідливому для здоров'я рівню забруднюючих речовин у повітрі, включаючи цвіль, хімічні фуміганти (токсичні хімікати) і гази, пов'язані з гниттям і бродінням силосу. Фуміганти зазвичай використовуються для боротьби з комахами на зберіганому зерні, і багато з них мають недостатні попереджувальні властивості. Вплив фумігантів може спричинити стійке пошкодження центральної нервової системи, захворювання серця та судин, набряк легенів, а також рак. Ці гази можуть призвести до того, що працівник втратить свідомість і впаде в зерно, таким чином потрапивши всередину, задихнувшись або завдавши собі інших травм.

Пожежі, вибухи та ураження електричним струмом не такі поширені, як падіння, але можуть мати однаково серйозні наслідки, коли вони трапляються. Пожежі та вибухи в зерносховищах, як правило, викликані пилом або зерносушильним обладнанням. Ризик вибуху пилу або пожежі можна зменшити за допомогою профілактичного обслуговування. Регулярна перевірка та технічне обслуговування підшипників, ременів і конвеєрів допоможе запобігти перегріву через відсутність змащення, ковзання або тертя. Ретельна вентиляція бункерів за допомогою вентиляторів сушарки перед запалюванням сушарки зменшить ризик пожежі або вибуху через витік палива. Резервуари для зберігання рідкого газу не повинні розташовуватися поруч один з одним або безпосередньо біля будівель чи зерносушарок, щоб зменшити ризик пожежі або вибуху.

Регулярне очищення зернового матеріалу зсередини та зовні зерносушарок зменшить ймовірність виникнення пожежі. Ризик пожежі також можна зменшити, якщо підтримувати сітки повітрязабірника чистими та в хорошому стані, щоб горючий матеріал не міг бути втягнутий разом з повітрям.

Хоча існують різні типи зерносушарок (наприклад, на природному газі та на рідкому нафтовому газі), усі вони несуть певний рівень ризику. Всього одна аварія може пошкодити дороге обладнання, зруйнувати сусідні будівлі або навіть травмувати співробітників. Щоб захистити персонал, необхідно такі засоби контролю на робочому місці зерносушарки:

5.3 Заходи з безпеки праці

Розташування та методи встановлення - безпека зерносушарки починається з процесу встановлення. Щоб мінімізувати ризик виникнення пожежі, зерносушарки слід розташовувати подалі від будівель, споруд, листя та інших потенційно небезпечних місць пожежі. Також важливо переконатися, що у разі виникнення пожежі персонал екстреної допомоги має легкий доступ до вашої зерносушарки. Загалом, зерносушарки не слід розміщувати всередині споруд для обробки або зберігання зерна. Також бажано розташовувати зерносушарки на рівній негорючій поверхні.

Запобігання пожежі - під час використання зерносушарок небезпека пожежі є серйозною проблемою. Неналежне навчання або несправна система трубопроводів, може призвести до катастрофи. Щоб запобігти пожежам необхідно враховувати наступне:

Наявність системи виявлення пожежі.

Переконайтеся, що вся електрична проводка, системи пальників та інші ключові компоненти встановлені професіоналом і відповідають рекомендаціям виробника та всім застосовним нормам.

Переконайтеся, що системи подачі палива та лінії встановлюються навченим спеціалістом. Регулярно перевіряйте ці з'єднання, щоб переконатися, що вони в хорошому стані.

Негайно вимкніть зерносушарки, якщо відчуєте запах газу або почувете надмірну вібрацію та незвичайний шум, що доноситься від машини.

Переконайтеся, що ваша зерносушарка оснащена системою автоматичного відключення. Ці системи дозволяють легко відключити джерела палива чи тепла, зупинити потік зерна та подати сигнал тривоги.

Просійте зерно перед тим, як покласти його в сушарку. Зокрема, необхідно видалити будь-які зайві матеріали, які можуть викликати пожежу.

Ніколи не використовуйте сушильну машину при температурі вище рекомендованих інструкціями з безпеки.

Вимкніть зерносушарку під час заправки.

Уникайте від'єднання та несанкціонованого втручання в роботу датчиків тепла, газових клапанів або інших засобів контролю безпеки.

Переконайтеся, що ваш зерновий газ відкалібрований належним чином, і що всі захисні пристрої/компоненти працюють і сертифіковані професійними техніками.

Регулярно чистіть зерносушарку, щоб запобігти накопиченню горючих матеріалів.

Обладняйте свою зерносушарку механізмом аварійного скидання. Це дозволить вам вивантажити палаюче зерно в безпечне місце, де вам буде легше локалізувати вогонь.

Поради щодо технічного обслуговування — Ретельний контроль технічного обслуговування та перевірки може значно допомогти уникнути проблем із зерносушаркою та подальших проблем із пожежею та безпекою. Загальні міркування, про які слід пам'ятати, включають наступне:

Переконайтеся, що ваша зерносушарка має двері, що відкриваються назовні. Це дозволяє легко перевіряти, очищати та виконувати процедури технічного обслуговування. Крім того, у разі пожежі ці двері дозволяють легко загасити полум'я.

Перевірте зернообмінники, переконавшись, що вони не забиті. Тримайте зовнішні сітки чистими, особливо на баштових сушарках.

Дотримуйтеся всіх інструкцій щодо експлуатації, наданих виробником оригінального обладнання. Встановлюйте, експлуатуйте, тестуйте, перевіряйте та обслуговуйте автоматизовані системи керування відповідно до інструкцій.

Переконайтеся, що всі підшипники належним чином змащені. Це може запобігти зносу компонентів.

Оглядайте та очищайте лопаті вентилятора перед кожним використанням зерносушарки. Тримайте всі обертові частини в правильному балансі.

Очистіть поверхню зерносушарки від бруду та іржі, щоб запобігти її погіршенню. Тримайте зовнішні сітки чистими, особливо на баштових сушарках.

Переконайтеся, що захисні щитки на вході на місці, їх регулярно перевіряють і очищають.

Зерносушарки можуть мати різноманітні автоматичні засоби керування, зокрема:

- клапан для зупинки потоку палива, якщо не вдається запалити
- клапан для припинення потоку палива, якщо потік повітря не надходить
- регулятори обмеження температури повітря
- протипожежне обладнання (наприклад, автоматичні заслінки)

Необхідно регулярно перевіряти всі ці елементи керування, оскільки їх належне функціонування допомагає зменшити ймовірність пожежі чи вибуху.

Пожежі також викликані коротким замиканням. Постійне підключення всіх вентиляторів, сушарок і розвантажувального обладнання до підземної проводки допоможе зменшити несправність електричних з'єднань. Необхідно встановлення вимикачів для відключення при замиканні на землю. Ці пристрої відключать живлення несправного електричного кола до того, як у цьому ланцюзі протікає струм, при контакті з якими можливо отримати електричний удар.

Зерносушарки, такі як ДСП-32, є популярними пристроями для проведення процесу сушіння. Проте, з огляду на високу температуру та інтенсивність роботи, необхідно дотримуватись певних принципів безпеки для запобігання аварійним ситуаціям та захисту працівників.

Основні заходи безпеки, які слід враховувати при роботі з зерносушаркою ДСП-32, включають наступне:

1. Ознайомлення з інструкцією: Перед початком роботи з зерносушаркою ДСП-32 необхідно ретельно ознайомитись з інструкцією, наданою виробником. Інструкція містить важливі вказівки щодо коректної експлуатації, безпеки та попередження можливих небезпек.

2. Використання особистих засобів захисту: Працівники, що працюють з зерносушаркою, повинні використовувати особисті засоби захисту, такі як рукавиці, захисні окуляри та спеціальний одяг. Це допомагає запобігти можливим травмам та ушкодженням.

3. Вентиляція приміщення: Зерносушарка видає значну кількість тепла та вологи, тому необхідно забезпечити належну вентиляцію приміщення, в якому вона працює. Це сприяє запобіганню перегріву та уникненню утворення небезпечних концентрацій пилу чи газів. Переконайтеся, що приміщення має належну вентиляційну систему та її регулярно перевіряють і очищають.

4. Моніторинг температури: Використовуйте інструменти для моніторингу температури в зерносушарці. Перевіряйте, щоб температура не перевищувала рекомендовані межі, щоб уникнути пожеж або перегріву зерна. Регулярно перевіряйте стан датчиків температури та їх правильну роботу.

5. Регулярне технічне обслуговування: Зерносушарка ДСП-32 повинна проходити регулярне технічне обслуговування, щоб перевірити стан всіх систем, з'ясувати відповідність роботи умовам безпеки та запобігти можливим поломкам. Перевіряйте стан електричних проводок, газової системи та вентиляційних каналів.

6. Відповідне зберігання запасних частин: Забезпечте наявність необхідних запасних частин та матеріалів для ремонту зерносушарки. В разі виникнення неполадок необхідно оперативна вжити заходів для їх усунення та запобігти подальшим проблемам.

7. Навчання персоналу: Персонал, що працює з зерносушаркою, повинен бути наділено достатнім рівнем знань та навичками з техніки безпеки. Забезпечте регулярне навчання і підвищення кваліфікації працівників щодо безпечної

експлуатації зерносушарки та вжиття необхідних заходів у разі надзвичайних ситуацій.

8. Установлення попереджувальних знаків: Розмістіть попереджувальні знаки, що нагадують про потенційні небезпеки, пов'язані з роботою зерносушарки ДСП-32. Знаки повинні бути чіткими, видимими і розташованими на доступних місцях. Наприклад, позначте небезпеку гарячої поверхні, електричних небезпек або небезпеки вдиху пилу.

9. Реагування на надзвичайні ситуації: Встановіть план дій у разі виникнення аварійної ситуації, наприклад, пожежі, витоку газу або інших небезпек. Забезпечте наявність вогнегасників, аварійних вимикачів та інших необхідних пристроїв для негайного реагування на небезпеку.

10. Суворе дотримання інструкцій: Важливо, щоб всі працівники суворо дотримувалися інструкцій та правил безпеки, пов'язаних з роботою зерносушарки ДСП-32. Недотримання правил може призвести до серйозних наслідків і загрози життю та здоров'ю.

Загальні заходи безпеки та відповідність принципам безпеки є критичними при роботі з зерносушаркою ДСП-32. Дотримання цих заходів необхідно забезпечити безпеку працівників, запобігти аварійним ситуаціям та зберегти якість зерна під час процесу сушіння. Потрібно дотримуватися інструкції та правила безпеки.

5.4 Розрахунок ризику опіку

Розрахунку ризику опіку при використанні зерносушарки ДСП-32 можна провести, використовуючи матрицю оцінки ризику, яка базується на оцінці імовірності та наслідків. У цьому прикладі використовується шкала від 1 до 5, де 1 - низький ризик, а 5 - високий ризик.

Імовірність опіку:

Імовірність недотримання правил безпеки: 4

Імовірність випадкового контакту з гарячими поверхнями: 3

Імовірність витоку гарячого повітря: 2

Наслідки опіку:

Серйозність опіку: 4

Потенційні наслідки для здоров'я працівників: 5

Можливість втрати робочого часу та продуктивності: 3

Розрахунок ризику:

Ризик = Імовірність × Наслідки

Ризик опіку недотримання правил безпеки: 4 (імовірність) × 4 (наслідки) = 16

Ризик опіку випадкового контакту: 3 (імовірність) × 4 (наслідки) = 12

Ризик опіку витоків гарячого повітря: 2 (імовірність) × 3 (наслідки) = 6

Оцінка ризику:

Загальна оцінка ризику може бути проведена шляхом сумування ризиків, отриманих для кожного аспекту. Наприклад, загальний ризик може бути оцінений на основі суми усіх ризиків, отриманих з розрахунку.

Загальний ризик = Ризик опіку недотримання правил безпеки + Ризик опіку випадкового контакту + Ризик опіку витоків гарячого повітря

$$= 16 + 12 + 6$$

$$= 34$$

Інтерпретація оцінки ризику:

Отриманий загальний ризик опіку склав 34. Тепер необхідно інтерпретувати цей результат, щоб зрозуміти, наскільки це серйозно і які заходи можуть бути вжиті для зменшення ризику. Шкала інтерпретації ризику може бути такою:

Ризик 1-5: Незначний ризик. Заходи безпеки можуть бути мінімальними.

Ризик 6-10: Низький ризик. Вимагаються базові заходи безпеки.

Ризик 11-20: Середній ризик. Потрібні додаткові заходи безпеки та контроль за ризиками.

Ризик 21-30: Значний ризик. Потрібні значні заходи безпеки та контроль за ризиками.

Ризик 31-50: Високий ризик. Необхідні негайні заходи безпеки та постійний контроль за ризиками.

Вжиття заходів для зниження ризику:

1. Враховуючи отриману оцінку ризику опіку, яка складає 34, можна визначити, що це високий ризик. Тому, для зниження ризику опіку при використанні зерносушарки ДСП-32, можна рекомендувати наступні заходи безпеки:

2. Забезпечення належного навчання та підготовки працівників щодо правильної експлуатації та техніки безпеки при роботі з зерносушаркою.

3 Встановлення захисних бар'єрів та огорожень навколо гарячих деталей та поверхонь, щоб уникнути випадкового контакту з ними.

4 Встановлення системи контролю температури та витоків гарячого повітря, щоб вчасно виявляти можливі відхилення та уникнути небезпеки опіку.

5. Забезпечення наявності необхідного захисного спеціального одягу та засобів індивідуального захисту (наприклад, рукавиць, захисних окулярів), які дозволять працівникам уникнути контакту з гарячими поверхнями та зменшити ризик опіку.

6. Проведення регулярних навчань та нагадувань щодо правил безпеки при роботі з зерносушаркою, включаючи покази практичних ситуацій та принципів правильної поведінки.

Крім того, важливо розробити ефективну систему моніторингу та контролю за виконанням запроваджених заходів безпеки, а також враховувати отримані дані з проміжних аудитів та інцидентів, щоб вдосконалювати систему безпеки на регулярній основі. Реалізація цих заходів забезпечить зменшення ризику опіку при використанні зерносушарки ДСП-32 та підвищить безпеку працівників, що працюють з цим обладнанням. Варто також пам'ятати, що оцінка ризику та вжиття заходів безпеки повинні здійснюватися професіоналами, кваліфікованими у галузі безпеки та знайомими з конкретними особливостями зерносушарки ДСП-32.

5.5 Висновок

В розділі охорона праці розглянуті загальні відомості про використання зерносушарок, аналіз небезпечних і шкідливих чинників робочого місця, розроблені заходи з безпеки праці та виконано розрахунок ризику опіку.

ВИСНОВКИ

Розглянуто технологічний процес післязбиральної обробки зерна, процес сушіння насіння соняшника з використанням прямої сушарки ДСП-32, розглянуто технічні характеристики. Як об'єкт керування, прямої сушарка ДСП-32 відноситься до класу безперервних об'єктів, що призначена для сушіння зерна та насіння у потоці. Важливим параметром технологічного процесу сушіння та системи автоматизації є температура насіння на виході зони нагріву прямої сушарки. Нагрів насіння здійснюється нагріванням агента сушіння за допомогою пальника газового. Визначеним критерієм керування системи автоматизації процесу сушіння насіння соняшника у прямої сушарці це мінімальне відхилення температури нагріву насіння соняшника від заданого значення.

Розробка документів проекту системи автоматизації технологічного процесу сушіння соняшника у прямої двоступеневій шахтній сушарці ДСП-32 складалося з розробки структурної схеми системи, обрання апаратного забезпечення системи на базі мікропроцесорного контролера VІРА, розробки проекту технічної документації з наступними документами – схема функціональна автоматизації, перелік елементів, схема електрична принципова.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування - зерносушарки ДСП-32 відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення 0,3 та постійні часу 1128, 256, а затримка становить 310 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у 90,4 %, сильний кореляційний зв'язок близький до 1,0 та статистичний критерій Фішера

дорівнює 8 625 179 і значно більше ніж критичне значення 2,706. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибіркового даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

Остаточна комплексна модель об'єкту керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink, яка складається з моделі схеми обмеження швидкості зміни параметру температурного агенту (рис. 3.18) та моделі зерносушарки ДСП-32.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу, отримана модель є адекватною до об'єкта керування - зерносушарки ДСП-32. Модель об'єкту керування може бути використана для подальшої розробки системи керування за обраним каналом керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення системи керування.

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають до 155 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть до 4,2 млн. грн.

В розділі охорона праці розглянуті загальні відомості про використання зерносушарок, аналіз небезпечних і шкідливих чинників робочого місця, розроблені заходи з безпеки праці та виконано розрахунок ризику опіку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Олійна жирова галузь України. [Електронний ресурс] – Access mode: <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/275-harakterystyka-oliyno-zhyrovogo-kompleksu-ukrainy>,
2. Олійно-жирова галузь за 30 років незалежності. [Електронний ресурс] – Access mode: <https://harch.tech/2021/08/19/олійно-жирова-галузь-україни-лідер-св>.
3. Зерносушарка типу ДСП [Electronic resource]. – Access mode: <http://vektor.org.ua/oborudovanie/dlya-sushki-zernovyh-i-maslichnyh-kultur/25-zernosushilki-tipa-dsp> – 19.06.2023 р.,
4. Зерносушарки ДСП [Electronic resource]. – Access mode: <https://kmzindustries.ua/product/zernosushilki-dsp> – 19.06.2023 р.
5. Пальник газовий. – Режим доступу: <https://teplobezgaza.com.ua/gazovaya-gorelka-unigas-cinquecento-r512a/> – 19.06.2023 р.
6. 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.
7. Соняшник. Технічні умови : ДСТУ 7011:2009. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 8 с. – (Національний стандарт України).
8. Термоперетворювачі опору з вихідним сигналом 4–20мА. – Access mode: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5mi-yermoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom-4...20ma> – 19.06.2023 р.
9. VIPA. – [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://vipa.com.ua/products/control-systems/200v.html> – 23.05.2023 р
10. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

11. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

12. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.

13. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.

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

15. 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.

16. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.

17. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

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

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

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

21. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції

22. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (затверджено наказом МОЗ України від 27.12.2001р № 528).

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу сушіння зерна у зерносушарці ДСП-32»,

студент гр. 151-20СК-1 Єфименко Владислав Романович

Об'єкт дослідження – система автоматизованого керування сушінням зерна у шахтній прямоточній двоступеневій зерносушарці ДСП-32.

Предмет дослідження – методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні нагрівом зерна у зерносушарці.

Мета роботи - підвищення якості процесу керування сушінням зерна у сушарці ДСП-32, шляхом ідентифікації об'єкту керування та розробки документів проекту системи автоматизованого керування.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії.

Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення системи керування.

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи керування зерносушаркою ДСП-32, та розглянуті загальні відомості про використання зерносушарок, аналіз небезпечних і шкідливих чинників робочого місця, розроблені заходи з безпеки праці та виконано розрахунок ризику опіку.

Задачі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог до оформлення бакалаврської роботи, зауважень до документів проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена достатня міра самостійності, технічної грамотності.

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____»,
а студент Єфименко В.Р. присвоєння освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 151
автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ доц. Соснін К.В.
__ . __ .2023

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу сушіння зерна у зерносушарці ДСП-32»,
студент гр. 151-20ск-1 Єфименко Владислав Романович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірки знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта керування та побудована його модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.
7. Студент Єфименко В.Р. присвоєння їй кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

_____.____.2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

« _____ » _____ 2023 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу сушіння зерна у зерносушарці ДСП-32», здобувача вищої освіти, групи 151-20ск-1 Єфименко Владислав Романович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає _____ сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)