

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра _Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних
систем



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
на тему Автоматизація процесу керування витоком зерна з підвісового
бункера до лінії завантаження суден

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача (ки) Михайлов В.О

(прізвище, ініціали)

2 ск курсу АТ-21 групи

Керівник доц. Світий І.М

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. Світий І.М

(посада, прізвище та ініціали)

доц. Левінський В.М, доц. Степанов М.Т

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 04.12.2023р., протокол №2

Завідувач(ка) кафедри АТПіРС

(назва кафедри)

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>Автоматизації та робототехніки</u>
Кафедра	<u>Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Бакалавр</u>
Спеціальність	<u>151 – Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології</u>
Освітня програма	<u>Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. Кафедри АТПіРС

_____ В.М. Левінський

«20» 09 23р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Михайлова Володимира Олеговича

1. Тема роботи Автоматизація процесу керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден

Затверджена наказом ОНТУ від 18.09.23 р. _____ наказ №528-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи _____

3. Вихідні дані роботи Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: матеріали виконаних індивідуальних завдань (ІЗ) технологічної і переддипломної практик, курсових та самостійних робіт, виконаних у відповідності з ІЗ.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):

1) Характеристика керування витоком зерна, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом.

2) Конкретизація задачі дотримання регламентів керування витоком зерна, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.

3) Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів.

4) Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування витоком зерна.

5) Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів.

6) Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК.

7) Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК.

8) Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	Світій І.М, доц. каф. АТПіРС		
Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	Світій І.М, доц. каф. АТПіРС		
Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК	Левінський В.М., доц. каф. АТПіРС		
Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і налагодчика САК	Степанов М.Т., доц. каф. АТПіРС		
Вибір ТЗА та розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК	Левінський В.М., доц. каф. АТПіРС		

7. Дата видачі завдання 21.09.23 р.

Керівник

Світій І.М.

Завдання прийняв до виконання

Михайлов В.О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика керування витоком зерна, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керуванням процесом	28.09.23	
2	Конкретизація задачі дотримання регламентів керування витоком зерна, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	5.10.23	
3	Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР	19.10.23	
4	Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування витоком зерна	26.10.23	
5	Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів	2.11.23	
6	Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК	9.11.23	
7	Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і налагодчика САК	16.11.23	
8	Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці	24.11.23	

Здобувач-дипломник Михайлов В.О. Керівник роботи Світій І.М.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Михайлов В.О.

ПІБ

Підпис

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему: «Автоматизація процесу керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден» викладена на 169 сторінках звіту, складається із вступу, восьми розділів і висновків, включає в себе 144 ілюстрацій, 6 таблиць, та 7 джерела за переліком посилань.

Об'єктом дослідження є технологічний процес керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден. Метою досліджень є синтез і аналіз системи автоматичного регулювання підвищеної динамічної точності. При виконанні роботи використовувалися експериментальні методи отримання моделей об'єкту, оптимальний параметричний синтез для синтезу систем автоматичного регулювання базової структури та підвищеної динамічної точності. Отримано моделі каналів об'єкту, моделі стохастичних складових збурень. Проведено синтез та аналіз САР базової структури. Підвищення динамічної точності проводилося шляхом побудови САР інваріантної до передісторії заданого значення. Аналіз САР проводився за інтегральним показником, деякими прямими показниками якості та за грубістю. Розроблено алгоритми логічного керування. Проведено вибір технічних засобів. Була розроблена технічна структура мікропроцесорного ядра системи керування. Розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК. Розроблено варіант комплексу технічної документації.

Ключові слова: керування витоком зерна з підвісового бункера, математична модель, імітаційна модель, система автоматичного регулювання, САР підвищеної динамічної точності.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	9
Вступ	10
Розділ 1. Характеристика технологічного процесу, розробка концептуальної моделі об'єкту керування.....	13
1.1. Вибір об'єкта для модернізації системи автоматизації, опис і аналіз реалізованого ним технологічного процесу і відповідного обладнання (технологічного агрегату).....	13
1.2 Конкретизація регламентів і умов ведення процесу, його формалізоване представлення	19
1.3 Конкретизація мети модернізації системи	21
1.4 Висновок за розділом	22
Розділ 2. Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.....	23
2.1. Розробка концептуальної моделі (структурної схеми) об'єкта регулювання.....	23
2.2. Ідентифікація (розробка моделей) каналів перетворення об'єкта регулювання	24
2.3. Ідентифікація моделей збурень об'єкту керування.....	28
2.4. Реалізації моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним.....	34
2.5 Висновки за розділом.....	44

Розділ 3. Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР.....	47
3.1. Конкретизація задач регулювання технологічним агрегатом	47
3.2. Параметричний синтез і аналіз САР базової структури	49
3.3. Структурний і параметричний синтез САР підвищеної динамічної точності і її аналіз	59
3.4. Висновок з розділу	71
Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування технологічним процесом.....	72
4.1. Короткий опис технологічного процесу з наведенням детальних процедур технологічного пуску, технологічної зупинки та аварійної зупинки у позаштатних ситуаціях	72
4.2. Розробка алгоритмів автоматичного керування: за пуском, технологічною та аварійною зупинкою (циклом роботи) ТОК у вигляді блок-схем та їх опис	78
4.3 Висновки за розділом.....	80
Розділ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів.....	81
5.1. Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів та місць їх розміщення	81
5.2 Вибір технічних засобів	81
5.3 Висновок за розділом	96

Розділ 6. Параметризація технічних засобів, контролера і мереж, програмування алгоритмів логічного керування та регулювання САК.....	97
6.1 Аналіз вхідних і вихідних сигналів і вибір топології побудови системи	97
6.2. Розробка структури мікропроцесорного ядра системи керування	100
6.3. Програмне конфігурування контролера та розробка програмного забезпечення системи керування в середовищі CoDeSys	107
6.4. Програмна реалізація алгоритмів регулювання та їх тестування на моделі ОК.....	108
6.5. Програмна реалізація алгоритмів логічного керування.....	113
6.6. Розробка підсистеми взаємодії автоматизованого робочого місця та мережі контролерів за допомогою OPC-сервера	118
6.7 Висновки за розділом	121
Розділ 7. Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК.....	122
7.1. Конкретизація функцій і структури екранів АРМ оператора-технолога	122
7.2. Розробка екранів АРМ оператора – технолога. Шаблон екранів.	123
7.3. Конкретизація функцій і структури екранів АРМ наладчика САК.....	135

7.4. Розробка екранів АРМ наладчика САК	136
7.5 Висновок за розділом.....	138
РОЗДІЛ 8. Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК та заходів з охорони праці.....	
8.1. Опис схеми автоматизації	139
8.2. Опис принципової електричної схеми	140
8.3. Опис принципової електричної схеми живлення	141
8.4 Техніка безпеки.....	141
8.5 Висновки за розділом	164
Висновок	165
Література	166
Додатки	167

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ:

ЗА–засоби-автоматизації.

ТА – технологічний агрегат;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;

ДЦП – дискретно – цифровий перетворювач;

ЦДП – цифрово-дискретний перетворювач;

ППЗС – передпускова звукова сигналізація;

ПДТ – підвищена динамічна точність;

НС – найпростіша структура;

САК–система-автоматичного-керування;

ПК – персональний комп'ютер;

МК – мікропроцесорний контролер;

ММ – математична модель;

ВП – випадковий процес;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ФФ – формуючий фільтр;

СП – стохастичний процес;

ОР – об'єкт регулювання;

СХ – стохастичні характеристики;

ТП – технологічний процес;

ОР – об'єкт керування;

КЗ – коригувальний зв'язок;

СКЗ – спрощений коригувальний зв'язок.

ВСТУП

Робота ТОВ «УКРЕЛЕВАТОПРОМ» пов'язана з виконанням виробничих операцій в регульованому середовищі, що забезпечується процесом витоку зерна з підвісового бункера.

Одним з найефективніших шляхів підвищення ефективності процесу витоку зерна з підвісового бункера, підтверджених практикою, є підвищення рівню автоматизації процесу шляхом підвищення інтелектуального рівню системи автоматичного регулювання.

У роботі має бути проведено дослідження процесу керування витоком зерна з підвісового бункера, як об'єкту керування, в результаті котрих має бути отримано математичні моделі основних каналів керування та неконтрольованих збурень. Отримані моделі слід перевірити на відповідність експериментальним даним. На основі отриманих моделей слід розробити алгоритми регулювання процесом, котрі забезпечують високу якість керування процесом.

Для даного технологічного процесу повинні бути складені регламент функціонування та алгоритми пуску-зупинки процесу витоку зерна з підвісового бункера. Також бути проведений вибір технічних засобів, які зможуть забезпечити належне та якісне керування процесом витоку зерна з підвісового бункера.

Повинна бути розроблена технічна структура мікропроцесорного ядра системи керування процесом витоку зерна з підвісового бункера, здійснений вибір промислового контролера та його блоків вводу/виводу, а в середовищі CoDeSys розроблені програми, які реалізують алгоритми логічного керування та регулювання.

Має бути проведено роботи в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible , бути розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесом витоку зерна з підвісового бункера.

В ході виконання роботи повинно бути розроблено варіант комплексу технічної документації САК.

Розроблений комплект має включати основні документи технічного забезпечення системи автоматизації керування технологічного процесу.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення конкурентоздатності підприємства за рахунок підвищення ефективності допоміжного процесу витоку зерна шляхом розробки обґрунтованих технічних рішень зі створення модернізованої САР процесом. Для досягнення поставленої мети визначенні завдання:

- проаналізувати процес витоку зерна з підвісового бункера як об'єкту керування;
- розробити комплекс його моделей як об'єкту регулювання і провести моделювання для підтвердження відповідності отриманих моделей експериментальним даним;
- розробити варіанти алгоритмів регулювання, провести їхню параметричну оптимізацію, порівняльний аналіз САР, що забезпечують підвищену динамічну точність регулювання регламентованих змінних;
- скласти регламент функціонування та алгоритми пуску-зупинки процесу;
- провести вибір технічних засобів, які зможуть забезпечити належне та якісне керування процесом;
- розробити технічну структуру мікропроцесорного ядра системи керування процесом витоку зерна з підвісового бункера;
- обрати промисловий контролер та його блоки вводу/виводу;

- розробити програми в середовищі CoDeSys, які реалізують алгоритми логічного керування та регулювання;
- виконати роботи в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible розробити програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесом витоку зерна з підвісового бункера;
- розробити варіант комплекту технічної документації САК;

Рішенню перерахованих вище завдань і присвячена ця дипломна робота.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

1.1 Короткий опис ТОВ «УКРЕЛЕВАТОРПРОМ», характеристика виробничої і господарської діяльності

На сьогоднішній день торговельний вантажообіг компанії ЗАТ «Укрелеваторпром» становить понад 42 млн. тонн на рік, прибуток близько 500 млн. євро на рік. Частка УЕП у наданні послуг – понад 2,4 мільйона тонн. Основний вид діяльності - прийом від товаровиробників, зберігання та відвантаження експорту зернових вантажів.

Частина території була створена штучно – намили, як це заведено у світовій практиці будівництва елеваторів, розташованих на морському березі. Там, де зовсім недавно швартувалися судна, наразі розвантажуються вагони. Робота двох ділянок, що приймають вантажі по автомобільному та залізничному транспорту, забезпечує високу продуктивність ~ 120 вагонів (7500 тонн) та 200 машин (5000 тонн) на добу.

Перша ділянка ЗАТ «Укрелеваторпром» – це велике сучасне господарство, яке насамперед включає 28 металевих зерносклади-силосів місткістю по 6 тисяч тонн. Ємності оснащені спеціальною апаратурою, що дозволяє стежити за станом температури в силосах, вологістю та негайно вживати заходів для оздоровлення зерна. Кожна технологічна лінія, що складається з трьох "банків", має у своєму складі лікувальну "банку" для так званого освіження зерна, обладнану засобами активної вентиляції. На першій ділянці проводиться прийом зерна із залізничного транспорту у двох приймальних пристроях поздовжнього типу, що дозволяють добу вивантажувати 120-130 вагонів. Кожна з двох станцій розвантаження забезпечує одночасне вивантаження восьми вагонів. Високопродуктивна вага протягом години важить 1200 тонн зерна. Ми можемо одночасно приймати 3-4 види культур, накопичуючи їх у судову партію. Ділянка спочатку планувався як перевалочний, для навантаження суден типу панамакс, але обслуговуються судна та меншої тоннажності.

Завантаження суден ємністю від 15000 до 65000 тонн провадять за допомогою спеціальної судновантажної машини, створеної українськими машинобудівниками Зуївського електромеханічного заводу Донецької області. Її продуктивність складає 1200 тонн на годину. Машина рухається рейками вздовж причалу і має можливість повороту стріли, що прискорює процес завантаження під час переходу з трюму в трюм і дозволяє повністю обробляти судно. Висока продуктивність відрізняє конвеєрні лінії та норії.

Ділянка №1 повністю механізована та автоматизована, управління технологічним процесом здійснюється з центрального пульта.

Загальний аналіз технологічного процесу, реалізованого агрегатом, цілей і умов його ведення.

Суть технологічного процесу – це цілеспрямоване перетворення продуктових і енергетичних потоків у спеціальному технологічному устаткуванні (ТУ) (машинах, апаратах, агрегатах).

З ліній прийому зерна з залізничного транспорту продукт потрапляє в бункерні ваги ВБ 2 для зважування, з яких зерно (пшениця, ячмінь, ріпак, горох і т.п.) переміщується конвеєром КС5, після чого воно надходить у черевик норії КН4, переміщення сипких матеріалів системою ковшів, нескінченною стрічкою, з якої зерно піднімається до конвеєра КС4 і транспортується в сепаратор СП для обробки зернових культур, потім потрапляє на конвеєр КЛ 1 і вже з нього в спеціальну судновантажну машину СПМ через яку продукт далі надходить у трюми вантажного корабля.

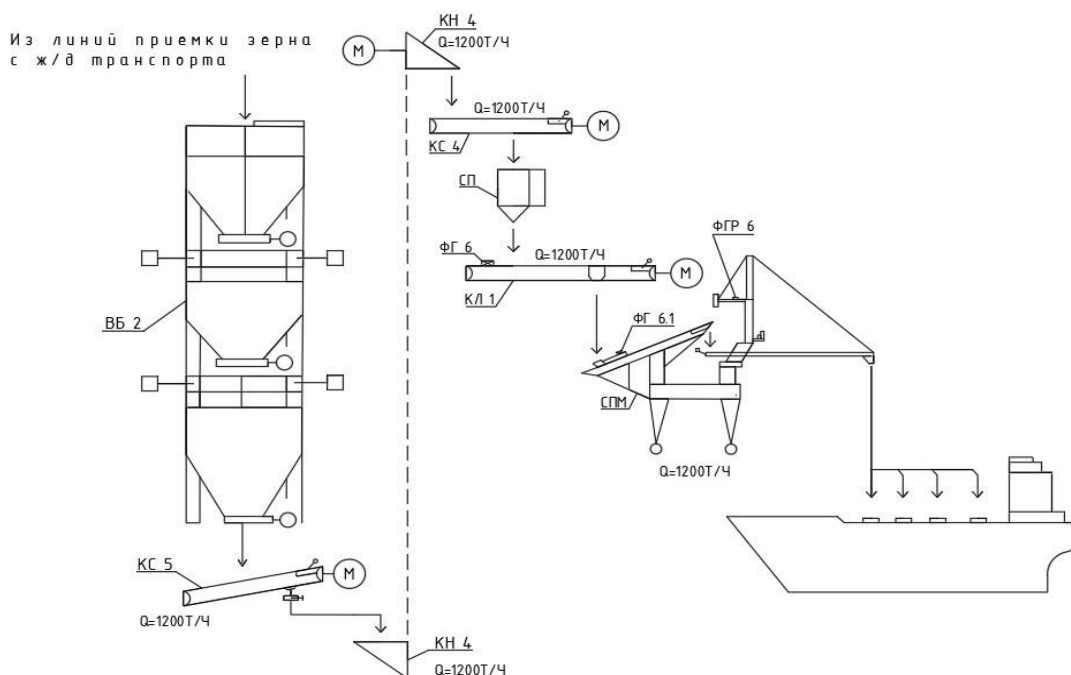


Рис. 1.1 – Технологічна схема процесу керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден

Из линий приемки зерна
с ж/д транспорта

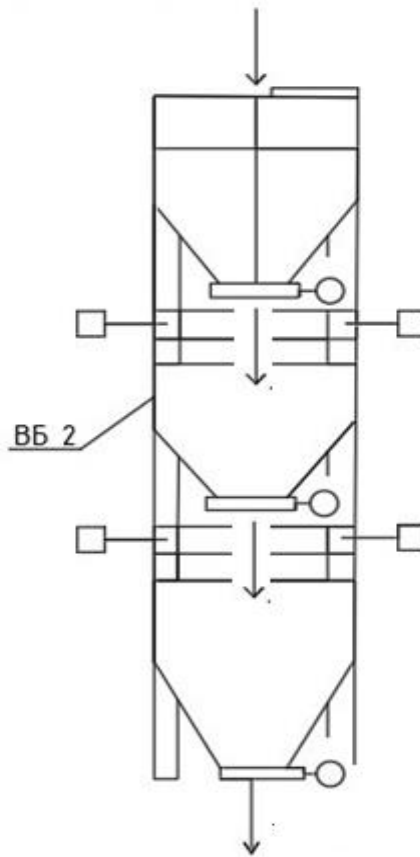


Рис. 1.2 – Технологічна схема процесу витоку зерна з підвісового бункера.

Графічним відображенням руху та перетворення потоків є технологічна схема. Вона має змістовний характер, оскільки відображає сутність процесу. Кожен потік та процес перетворення його механічних, фізичних, хімічних та біологічних властивостей можуть бути охарактеризовані набором параметрів, що відображають їх властивості та умови перетворення потоків. Нанесення цих параметрів на схему називатимемо її параметризацією. Складання та аналіз параметризованої схеми технологічного процесу є початковим етапом побудови його математичної моделі як об'єкта управління.

Аналіз схеми полягає у виявленні нормованих параметрів процесу, які «відповідають» за виконання мети процесу та вимог до нього, і, потім, у виявленні причинно-наслідкових зв'язків між цими та іншими параметрами, що характеризують умови ведення процесу роботи ТО.

Опис конструкції технологічного агрегату та особливостей його експлуатації.

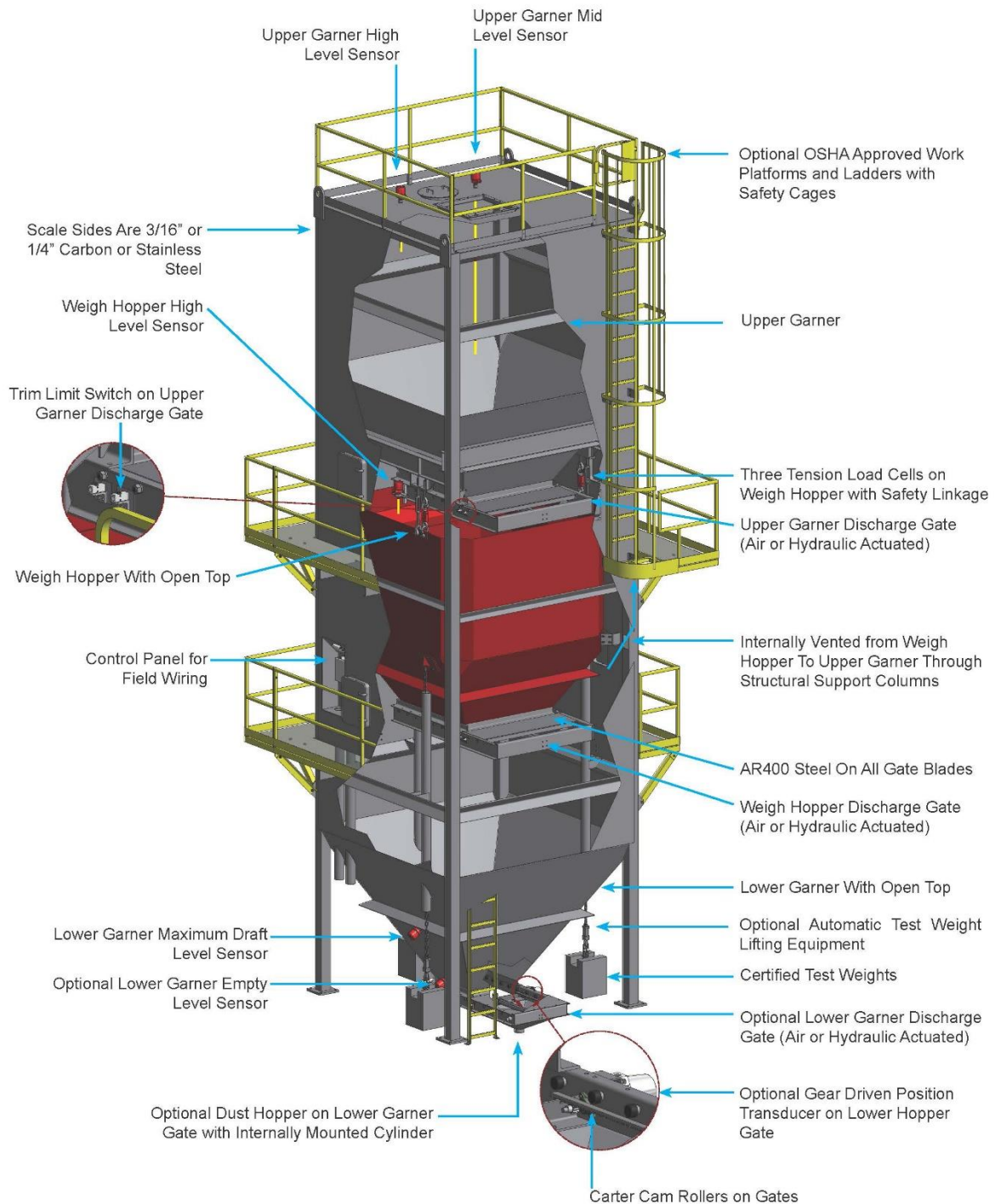


Рис. 1.3 – Конструкція підвісового бункера в системі бункерних ваг.

Ваги для зважування сипучих продуктів CompuWeigh серії CWC встановлюють новий рівень швидкості та точності.

Ми використовуємо надміцні кулачкові механізми по всій довжині ходу затвора, щоб забезпечити стабільну роботу затвора, що є запорукою точного завантаження вагонів. Наші контрольні вантажі знаходяться в спеціальних конурах, які захищають їх від впливу погодних умов, що гарантує збереження їх точності. Ми використовуємо кінцевий вимикач на завантажувальному шлюзі вагового бункера, тому наші ваги, як правило, мають похибку в межах 10 фунтів від заданої ваги.

Наші розрахунки розмірів базуються на консервативних 120 циклах на годину. Використовуючи наш вдосконалений контролер, наші ваги зазвичай працюють на 125% від номінальної потужності.

Ми використовуємо найкращі компоненти, включаючи датчики рівня. Для забезпечення довговічності та безшумної роботи циліндрів затвора ми використовуємо амортизаційні наконечники.

Система розроблена для роботи з автоматичною системою моніторингу ваг, завдяки чому будь-яка з 40 потенційних проблем з вагами повідомляється контролеру до того, як вони стануть серйозною проблемою.

Це парадокс, але у нас найбільші бункери, і в той же час найнижчі ваги, тому що ваги обертаються навколо зовнішніх опорних труб конструкції. Невелика висота означає менші капітальні витрати або можливість розмістити більшу вагу в тому ж просторі.

Мета ведення процесу – отримання заданих продуктів із заданими властивостями (показниками якості). При промисловому виробництві досягнення мети може бути виправдане лише тоді (тобто ТП має сенс реалізувати), коли виконується низка вимог до ТП.

Параметризація схеми технологічного процесу і загальна характеристика параметрів і їх взаємозалежностей.

Проведемо параметризацію технологічної схеми. Результати параметризації наведені на рис. 1.4.

Из лийной приемки зерна
с ж/д транспорта

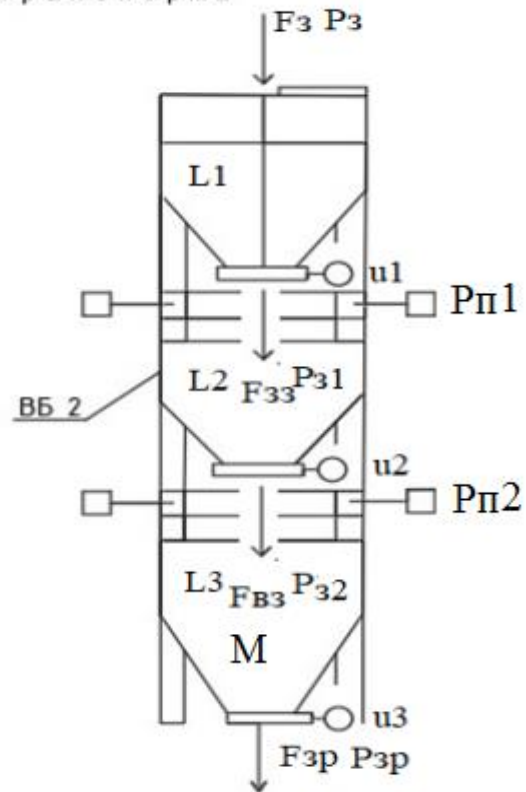


Рис. 1.4 – Параметризована технологічна схема бункерних вагів.

F_z - витрата зерна кг/с;

P_z - тиск зерна після конвеєра Мпа;

L_1 – рівень бункера 1;

$P_{п1}$ - Контроль тиску пневмомережі 1

U_1 - керуюча дія пневмо-заслінки 1-го бункера;

$P_{зз}$ - тиск зерна після 1-го бункера;

L_2 – рівень бункера 2;

$F_{зз}$ - витрата засипного зерна у другому бункері;

$P_{з1}$ - тиск зерна після 1-го бункера Мпа;

$P_{п2}$ - Контроль тиску пневмомережі 2;

U_2 - керуюча дія пневмо-заслінки 2-го бункера;

L_3 – рівень бункера 3;

$F_{вз}$ - Витрата зваженого зерна в третьому бункері;

Рз2 - тиск зерна після 2-го бункера Мпа;
Рг - тиск контролю гідромережі;
U3 - керуюча дія пневмо-заслінки 3-го бункера;
М – маса бункера;
Fзр - витрата розвантаженого зерна кг/с;
Рзр - тиск розвантаженого зерна після 3-го бункера Мпа;

1.2 Основу нормативів складають три основних регламенти.

Технологічний регламент – визначає умови, при яких у результаті технологічного процесу буде отримано продукт із заданими властивостями. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення від номіналу технологічних параметрів. Для технологічного процесу таким параметром є витрата розвантаженого зерна Fзр, тиск розвантаженого зерна після 3-го бункера Рзр, витрата засипного зерна у другому бункері Fзз, витрата зваженого зерна в третьому бункері Fвз.

Експлуатаційний регламент – визначає умови нормальної безаварійної роботи технологічного обладнання. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення експлуатаційних параметрів технологічного обладнання. Для цього є параметр контроль тиску пневмомережі 1 Рп1, контроль тиску пневмомережі 2 Рп2, тиск контролю пневмомережі 3 Рг, маса бункера М.

Техніко-економічний і екологічний регламент визначає умови ефективності ведення процесу і його екологічності. Він являє собою набір номінальних та гранично-припустимих значень техніко-економічних і екологічних параметрів. До цієї групи параметрів можна віднести тиск зерна після 1-го бункера Рз1, тиск зерна після 2-го бункера Рз2.

Відхилення параметрів технологічного процесу від регламентних значень, що викликані зміною параметрів, характеризують умови ведення процесу навіть при досить ефективному керуванні процесом, можуть перевищувати встановлені допуски.

Допуски на відхилення поточних (режимних) значень регламентованих параметрів від номінальних прийнято розділяти і задавати у вигляді допусків на тривалі та короточасні відхилення. Аналіз нормативів ведення технологічного процесу та експлуатації обладнання оформимо у вигляді таблиці регламентів 1.1.

Таблиця 1.1 – Таблиця регламентів

Назва параметрів	Позначення	Одиниці вимірювання	Номинальне значення параметру або ф-ція зміни номінального значення	Припустимі відхилення від номіналу		
				Тривалі (t ® ¥)	Короткочасні (0 < t << ¥)	
				величина	величина	час, сек
Маса	М	Т	$- 0,027t + M_0$	$\pm 0,02$	$\pm 0,1$	8

Виявлення параметрів, що характеризують умови ведення технологічного процесу та експлуатації технологічного агрегату.

Поточні значення нормативних параметрів завжди відрізняються від номінальних (і можуть виходити за межі допусків) внаслідок зміни умов, у яких ведеться процес. Ці умови також характеризуються певними параметрами і можуть бути (для зручності) згруповані за деякими ознаками.

Сировинні параметри характеризують властивості продукту, що йде на переробку. До цієї групи параметрів віднесемо параметри витрата зерна F_3 , тиск зерна після конвеєра P_3 .

Енергетичні параметри характеризують енергію, що підводить до технологічного встаткування ззовні й витрачається на зміну властивостей продуктів. До цієї групи параметрів віднесемо рівень бункера 1 L_1 , рівень бункера 2 L_2 , рівень бункера 3 L_3 .

Механічні (або інші специфічні) параметри технологічного обладнання характеризують стан її робочих органів. До цієї групи параметрів віднесемо керуюча дія пневмо-заслінки 1-го бункера U_1 , керуюча дія пневмо-заслінки 2-го бункера U_2 , керуюча дія пневмо-заслінки 3-го бункера U_3 .

Параметризована схема ТП має змістовний характер. Формалізація опису взаємозв'язків між параметрами ТП досягається за рахунок переходу до формалізованої параметричної схеми ТП. При цьому ті параметри, які відображають мету функціонування об'єкту моделювання та додаткових вимог до нього, тобто регламентовані параметри будуть вихідними, а параметри, що відображають умови функціонування об'єкту - вхідними.

Зв'язок між вхідними і вихідними параметрами – причинно-наслідковий. У рамках даної схеми ці зв'язки задаються тільки на якісному рівні, згодом деякими зв'язками можна буде знехтувати, деякі представити опосередковано. Параметрична схема процесу наведена на рис. 1.5.

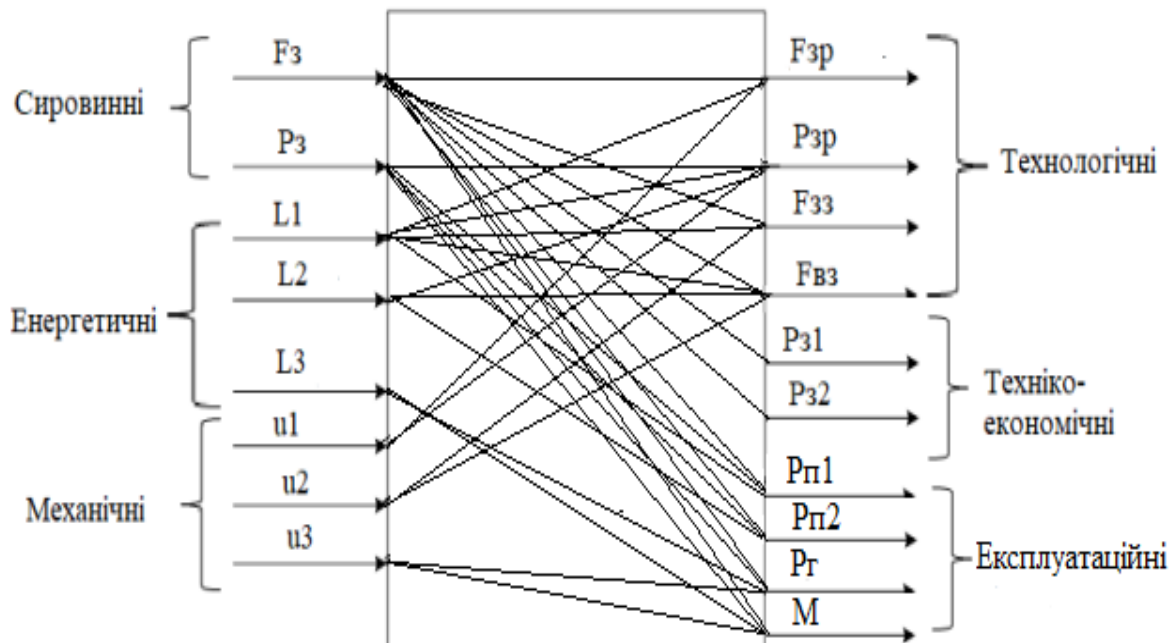


Рис. 1.5 – Параметрична схема технологічного процесу витоку зерна з підвісового бункера.

1.3 Конкретизація мети модернізації системи.

Загальною метою функціонування підприємства в цілому є виконання планових завдань або договірних зобов'язань щодо номенклатури та обсягу продукції, а також отримання при цьому певного економічного ефекту.

Декомпозиція загальної мети функціонування підприємства для більш низьких рівнів виробничої ієрархії приводить до наступних цілей:

а) на рівні окремого технологічного процесу – координація роботи технологічного обладнання, на якому реалізується процес;

б) на рівні окремих одиниць технологічного обладнання – виконання технологічних, експлуатаційних і техніко-економічних регламентів, зокрема – оптимізація роботи окремих одиниць обладнання.

Звідси задачу керування можна розділити на:

а) задачу регулювання, коли необхідно забезпечити виконання вимог регламенту;

б) завдання умовної оптимізації, коли при дотриманні вимог регламенту додатково відповідно до наперед сформульованим критерієм, вирішуються задачі оптимізації процесу.

1.4 Висновок за розділом

Як об'єкт дослідження системи автоматизації був обраний підвісовий бункер. Було зроблено опис та аналіз технологічного процесу керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден та необхідного обладнання.

РОЗДІЛ 2. КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОТРИМАННЯ РЕГЛАМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, РОЗРОБКА І РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ЙОГО МОДЕЛЕЙ ЯК ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ

2.1. Розробка концептуальної моделі (структурної схеми) об'єкта регулювання

Загальною метою функціонування підприємства в цілому є виконання планових завдань або договірних зобов'язань щодо номенклатури та обсягу продукції, а також отримання при цьому певного економічного ефекту.

Для процесу керування витоком зерна з підвісового бункера в якості регульованих координат доцільно обрати масу зерна в підвісовому бункері M .

До керуючих дій доцільно віднести положення регулюючого органу засувки (u).

Після того, як визначені управляючі дії, всі інші вхідні змінні відносять у розряд збурень, тобто таких дій середовища, зміна яких порушує хід технологічного процесу і режими роботи технологічного агрегату.

Для процесу керування витоком зерна з підвісового бункера не було виявлено збурень, враховуючи які можна суттєво покращити якість регулювання, тому всі вхідні дії, крім керуючих дій, віднесемо до неконтрольованих збурень f_d та f_c . Детерміновану складову цих збурень адитивно прикладемо до керуючих дій, а стохастичну складову – до регульованої координати.

Структурна схема ОК є черговим і останнім етапом формалізації подання технологічного процесу як ОК. Структурна схема ОК, по суті, є найбільш загальною (концептуальною) моделлю технологічного процесу як ОК. Структурна схема процесу наведена на рис. 2.1

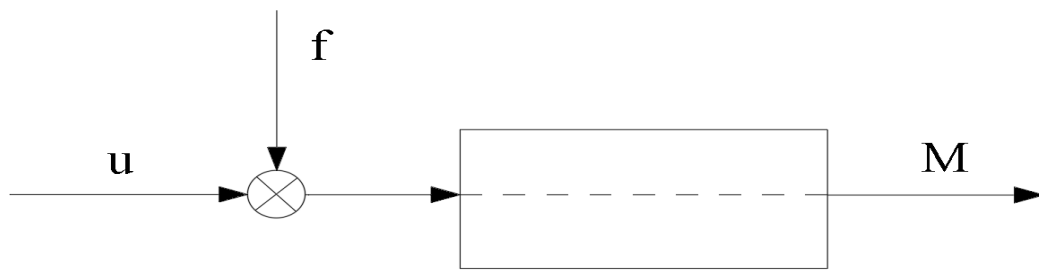


Рис. 2.1. Структурна схема процесу витоку зерна з підвісового бункера як об'єкту регулювання

На рисунку:

u – положення регулюючого органу, %х.р.о.;

M – маса зерна в підвісовому бункері;

f – вектор неконтрольованих збурень, %х.р.о.

2.2. Ідентифікація (розробка моделей) каналів перетворення об'єкта регулювання

Перед початком експериментів доцільно на основі апріорних даних, виходячи з фізичної суті об'єкту, попередньо оцінити властивості каналів, моделі яких підлягають ідентифікації.

Активні експерименти можуть проводитися тільки з каналами, вхідні змінні яким доступні для цілеспрямованої зміни. Ними, насамперед, є керуючі дії. При цьому експериментатор може обирати вхідну дію будь-якої форми (ступінчасту, лінійно зростаючу, імпульсну, гармонічну, випадкову). Однак, з розуміння простоти організації цих дій, мінімізації витрат часу на проведення експерименту та обробки його результатів, доцільно використовувати ступінчасті дії.

Планування активного експерименту на об'єкті для обраних вхідних дій і отримання реакцій на них у ході натурного та (або) уявного експериментів. План активного експерименту:

1. За допомогою зміни управляючої дії домагаємося значення регульованої координати, що перебувало б в околиці її номінального значення.

2. Для регульованої координати добиваємося встановленого процесу, тобто значення регульованої координати повинно бути незмінним. Для нашого ОК таким значенням управляючої дії буде $u=50\% \text{ x.p.o.}$

3. Змінимо управляючу дію ступінчастим чином на $10\% \text{ x.p.o.}$, відзначивши при цьому момент початку його зміни.

4. Реєструємо зміну вихідної змінної до настання нового сталого режиму, вхідну дію у такому разі можна не реєструвати.

Результати активного експерименту наведені на рис. 2.2

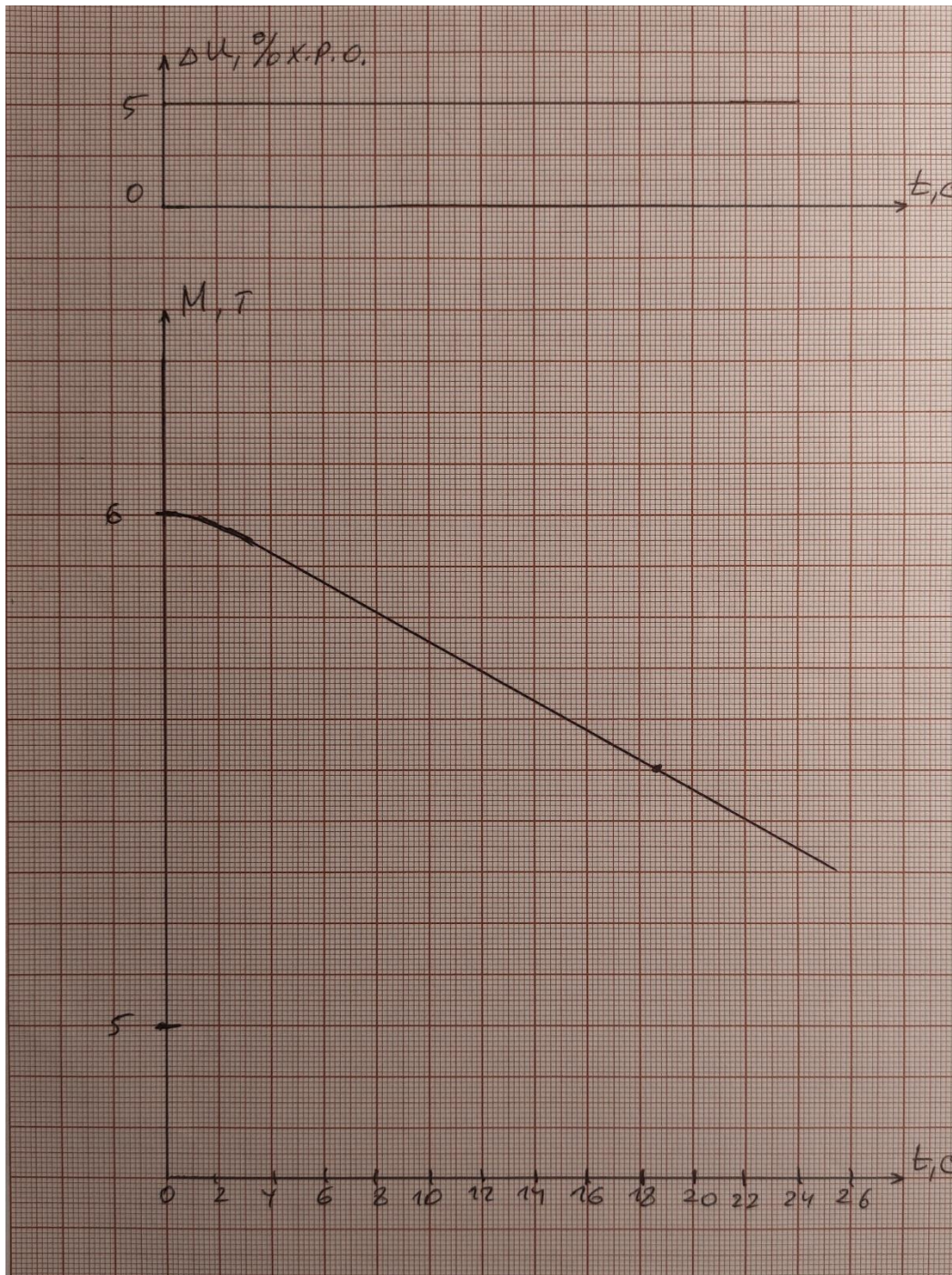


Рис. 2.2 – Результати активного експерименту

За результатами активного експерименту (рис. 2.2) можна зробити висновок, що канал управління нашого ОК не має властивості самовирівнювання, його називають астатичним і описують передаточними функціями для моделей першого і другого порядку:

$$W_0(p) = \frac{e^{-\tau_0 p}}{T_0 p}; \quad W_0(p) = \frac{e^{-\tau_0 p}}{T_{01} p \cdot (T_{02} p + 1)}$$

У результаті параметричної ідентифікації моделей ОУ з астатичними властивостями потрібно за перехідними характеристиками визначити час запізнення (τ_0), сталу інтегрування (T_0 , T_{01}) та сталу часу (T_{02}) ОУ. Для параметричної ідентифікації моделей ОУ з астатичними властивостями застосовують наступні методики.

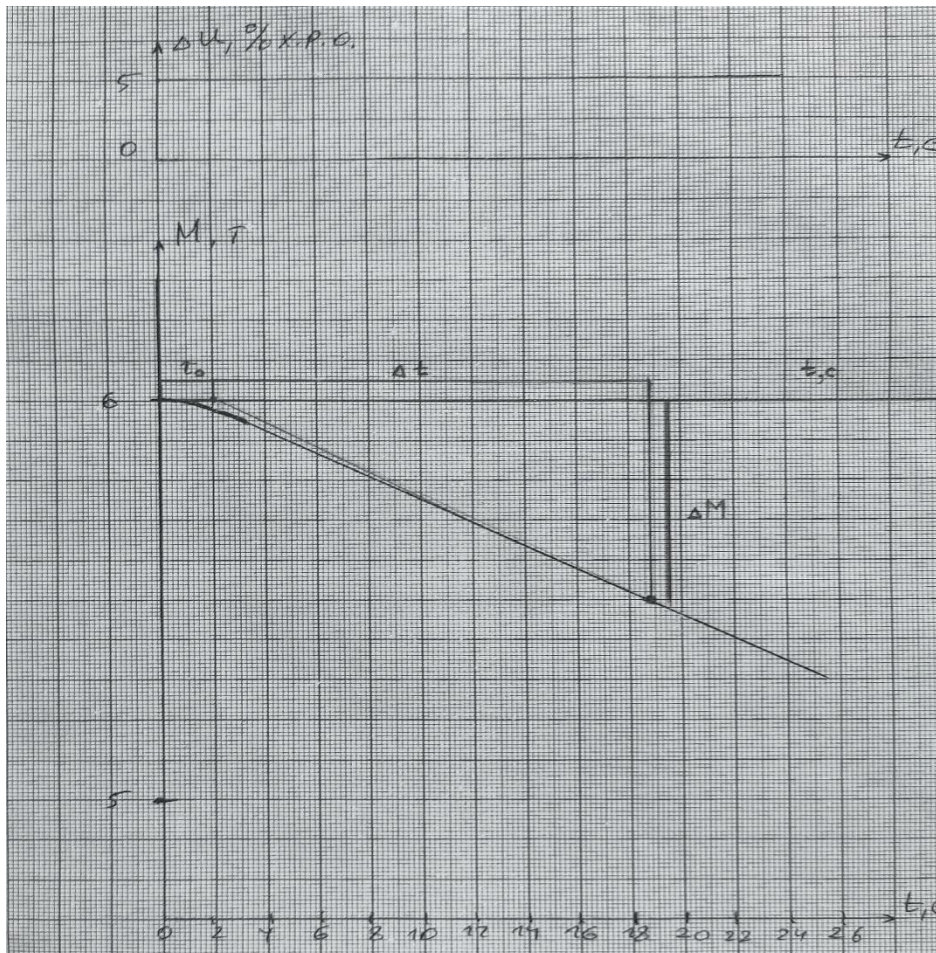


Рис. 2.3 – Параметрична ідентифікація моделі ОК

Модель 1-го порядку. З результатів графічних побудов (рис. 2.3) видно, що

$$\tau_o = 1,5 \text{ с};$$

$$\Delta u = 5 \text{ \%x.p.o.};$$

$$\Delta M = 6 - 5,5 = 0,5 \text{ т};$$

$$\Delta t = 18,5 - 1,5 = 16,8 \text{ с};$$

звідси

$$T_o = \frac{\Delta u}{\Delta M} \times \Delta t = \frac{5}{-0,5} \times 16,8 = -168 \frac{\text{\%x.p.o.}}{\text{т}} \times \text{с}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{e^{-1,5p}}{-168p}$$

Модель 2-го порядку.

$$T_{o1} = T_o = -168 \text{ с.}$$

T_{o1} та τ_o моделі 2-го порядку визначаємо за результатами графічного диференціювання, результати якого зводимо в таблицю 2.1 та приводимо на рис. 2.4.

За результатами графічного диференціювання знаходимо

$$t_{0.33} = 1,5 \text{ с};$$

$$t_{0.7} = 2,1 \text{ с.}$$

Тоді

$$\tau = 0,5 \times (3 \times t_{0.33} - t_{0.7}) = 0,5 \times (3 \times 1,5 - 2,1) = 0,8 \text{ с}$$

$$T_{o2} = (t_{0.7} - \tau_o) \div 1,2 = (2,1 - 0,8) \div 1,2 = 0,8 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{e^{-0,8p}}{-168p \times (0,8p + 1)}$$

Таблиця 2.1 – Результати графічного диференціювання

t, c	M, т	$\Delta M, \text{т}$	$\Delta M / \Delta t$
0	6	0	0
1	6	0	0
2	5,98	0,02	0,02
3	5,96	0,02	0,02
4	5,93	0,03	0,03
5	5,9	0,03	0,03
6	5,87	0,03	0,03
7	5,84	0,03	0,03
8	5,81	0,03	0,03

$$\Delta M / \Delta t_{1,0} = 0,03 \text{ т/с}$$

$$\Delta M / \Delta t_{0,33} = 0,03 * 0,33 = 0,0099 \text{ т/с}$$

$$\Delta M / \Delta t_{0,7} = 0,03 * 0,7 = 0,021 \text{ т/с}$$

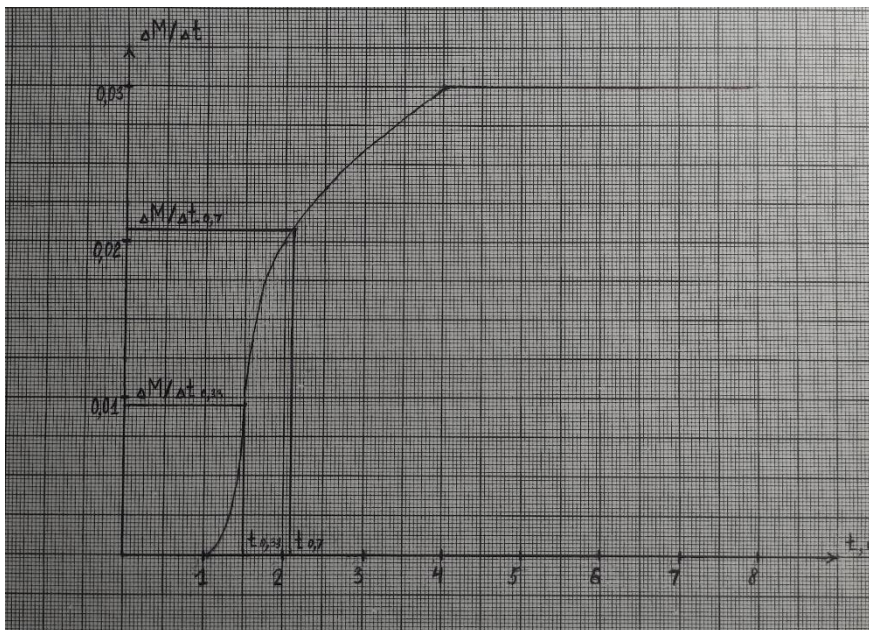


Рис. 2.4 – Результати графічного диференціювання

2.3 Ідентифікація моделей збурень об'єкту керування

Слід зазначити, що неконтрольовані збурення на ОК не є чітко певними фізичними параметрами. Вони є певною математичною абстракцією, про яку відомою є лише реакція системи на них. Діапазон їх зміни доцільно прив'язувати до фізичного діапазону зміни управляючих дій.

Моделі неконтрольованих збурень доцільно представляти як суму чотирьох складових. Причому, детерміновану складову (f_d) доцільно привести до управляючої дії, а квазидетерміновану та стохастичну складові (f_c) доцільно привести до відповідної регульованої координати.

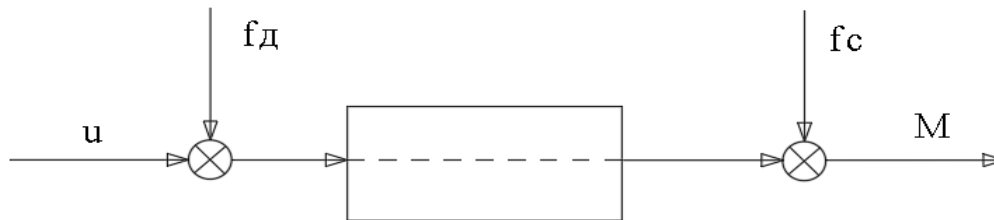


Рис. 2.5 – Структурна схема моделі неконтрольованих збурень

Оскільки можливості отримати реальні експериментальні дані немає, то з навчальною метою можна скористатися генератором даних. Для генерації результатів пасивного експеримента з метою дослідження неконтрольованих збурень треба бути готовими до відповіді на наступні питання.

1. Яким є мінімальне і задане значення регульованої координати? Для досліджуваного ОК $M_{min} = 0$ т; $M_{aad} = 5$ т.
2. Яким є значення і розмірність часу запізнення в каналі управління для досліджуваної регульованої координати? Для досліджуваного ОК $\tau_0 = 1,7$ с.

Генерацію результатів пасивного експерименту буде забезпечувати програма rgen у середовищі Матлаб. Результати генерації випадкового процесу, що відповідає сигналу неконтрольованих збурень досліджуваного ОК наведені на рис. 2.6.

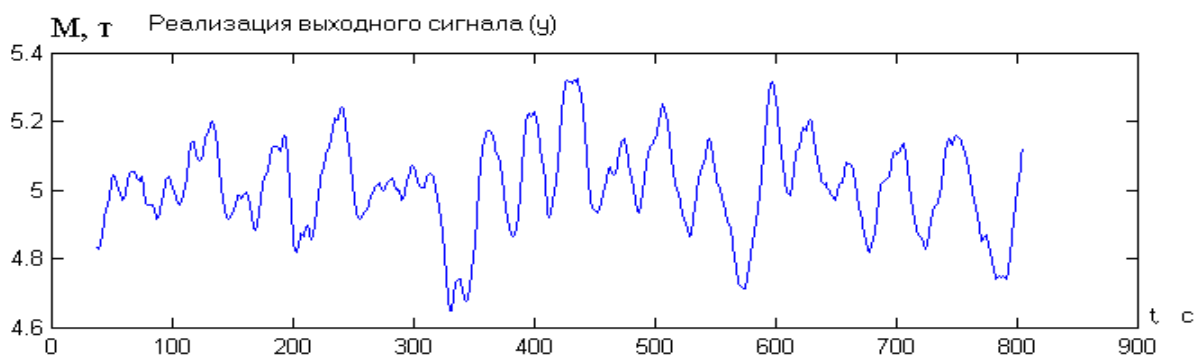


Рис. 2.6 – Результати генерації випадкового процесу, що відповідає сигналу неконтрольованого збурення для досліджуваного ОК.

Для ідентифікації моделей контрольованих і неконтрольованих координатних збурень можна використовувати програму IdSoft середовища Матлаб.

Першим етапом ідентифікації моделі контрольованих і неконтрольованих збурень є оцінювання імовірнісних характеристик відповідних випадкових процесів, а саме щільності імовірності, математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, середньоквадратичного періоду (СКП), кількості СКП у реалізації випадкового процесу, нормованої кореляційної функції і спектральної щільності випадкового процесу.

Результати оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу, що відповідає неконтрольованим збуренням, наведені на рис. 2.7.

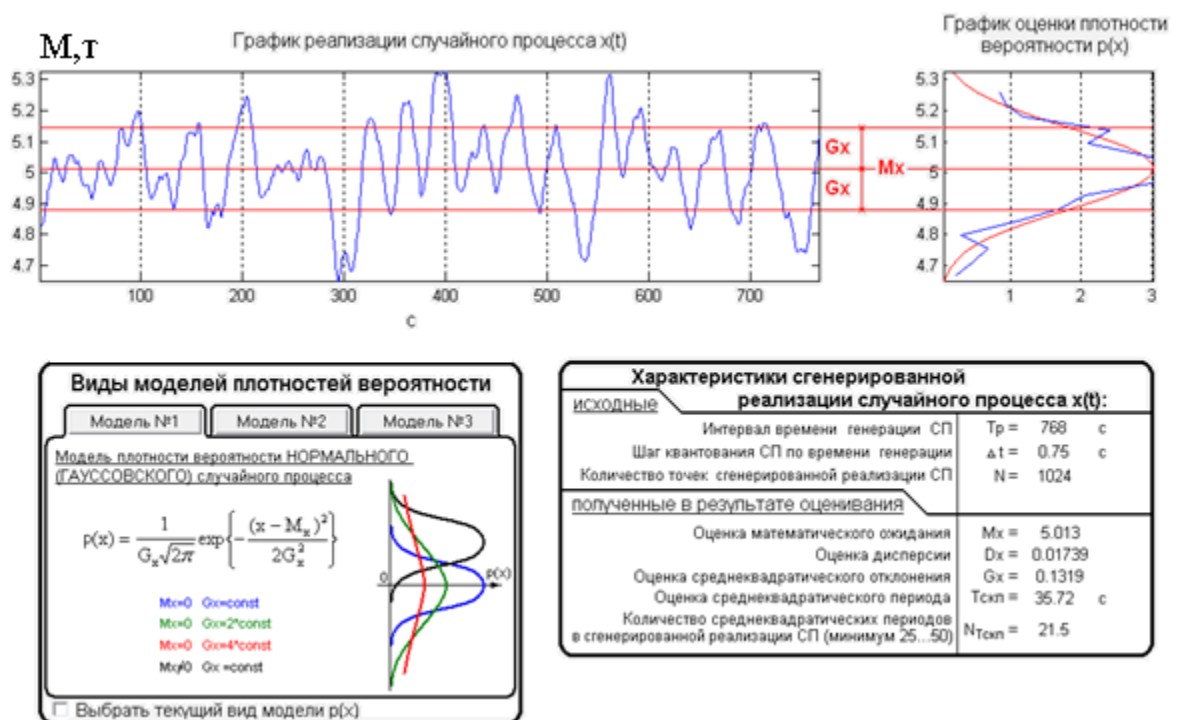


Рис. 2.7 – Результаты оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу, відповідного неконтрольованим збуренням

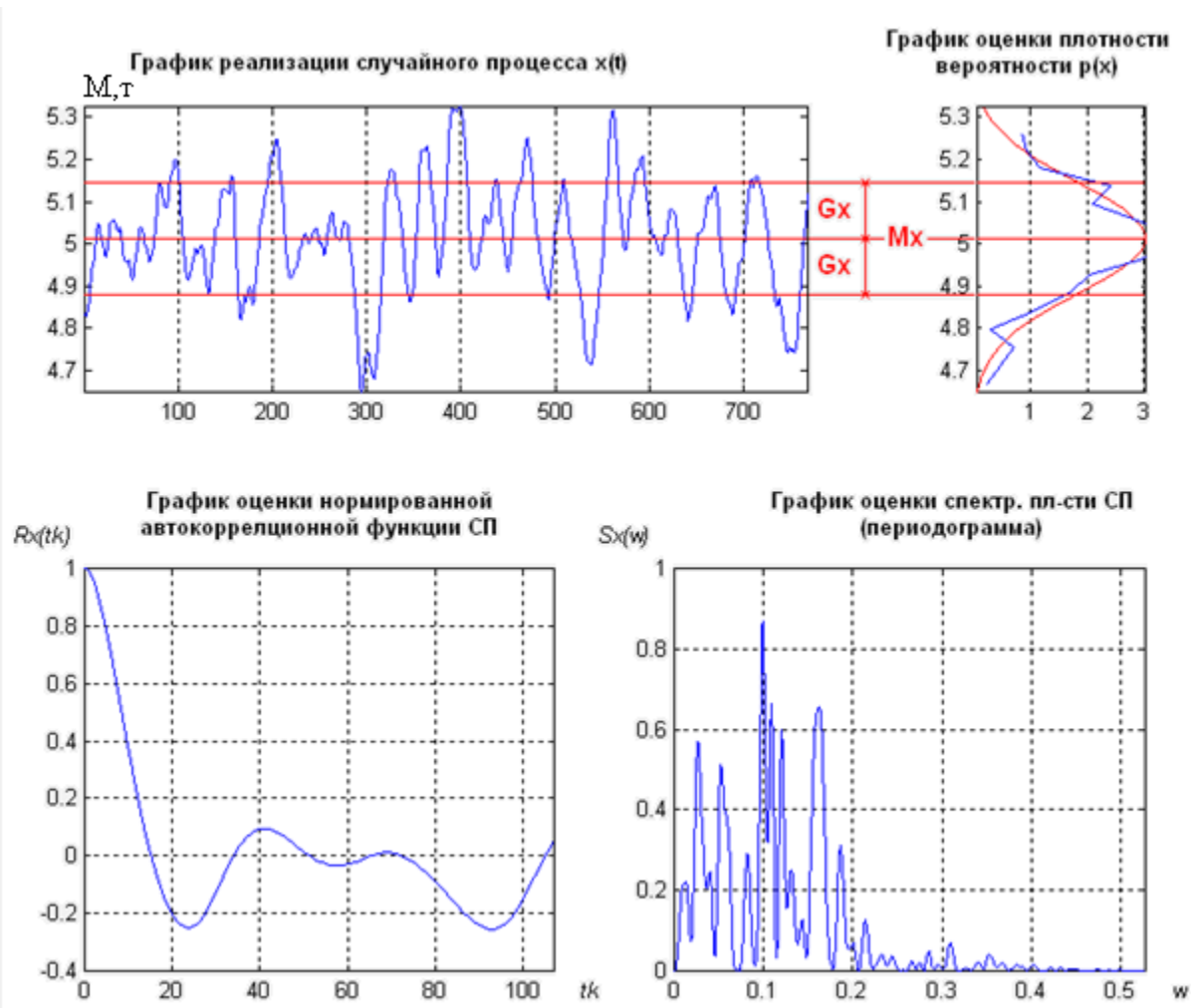


Рис. 2.7 (закінчення) – Результати оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу, відповідного неконтрольованим збуренням

За результатами оцінювання щільності імовірності випадкового процесу обирається його модель. В якості моделі обираємо нормальний випадковий процес:

$$p(f) = \frac{1}{\sigma_f \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(f-m_f)^2}{2\sigma_f^2}}$$

За результатами оцінювання нормованих кореляційних функцій з набору типових вибираємо два варіанти моделей кореляційних функцій і спектральних щільностей:

Модель №5

$$R_f(\tau_K) = D_f \cdot e^{-\alpha|\tau_K|} \cdot \cos(\beta \cdot |\tau_K|)$$

$$S_f(\omega) = \frac{D_f \cdot 2\alpha \cdot (\omega^2 + \alpha^2 + \beta^2)}{(\omega^2 - \alpha^2 - \beta^2)^2 + 4\alpha^2 \omega^2}$$

Модель №6

$$R_f(\tau_K) = D_f \cdot e^{-\alpha|\tau_K|} \cdot \left(\cos(\beta \cdot |\tau_K|) + \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sin(\beta \cdot |\tau_K|) \right)$$

$$S_f(\omega) = \frac{D_f \cdot 4\alpha \cdot (\alpha^2 + \beta^2)}{(\omega^2 - \alpha^2 - \beta^2)^2 + 4\alpha^2 \omega^2}$$

Параметрами моделей випадкових складових збурень є коефіцієнт спаду α і коефіцієнт коливальності β . Пошук значень цих параметрів і називають параметричною ідентифікацією моделі стохастичної складової збурень. Вона ведеться, як правило, у два етапи: 1) вибір початкових наближень параметрів $\hat{\alpha}^0, \hat{\beta}^0$; 2) пошук значень параметрів, які забезпечують найкраще наближення моделі до її оцінки.

При виборі початкових наближень параметрів можна користуватися рекомендаціями, які викладені в програмі. При параметричній оптимізації моделі використовується пошукова процедурами, що використовує квадратичний критерій. При цьому вирішується задача

$$\tilde{a}^* = \arg \min \left[\left(\hat{R}_f(\tau_K) - R_f^M(\tau_K) \right)^2 \right], \quad \bar{a} = \{\alpha, \beta\}^T.$$

Результати параметричної ідентифікації моделі №5 неконтрольованих збурень наведені на рис. 2.8, моделі №6 – на рис. 2.9, а підсумкові результати ідентифікації моделі неконтрольованих збурень наведені на рис. 2.10.

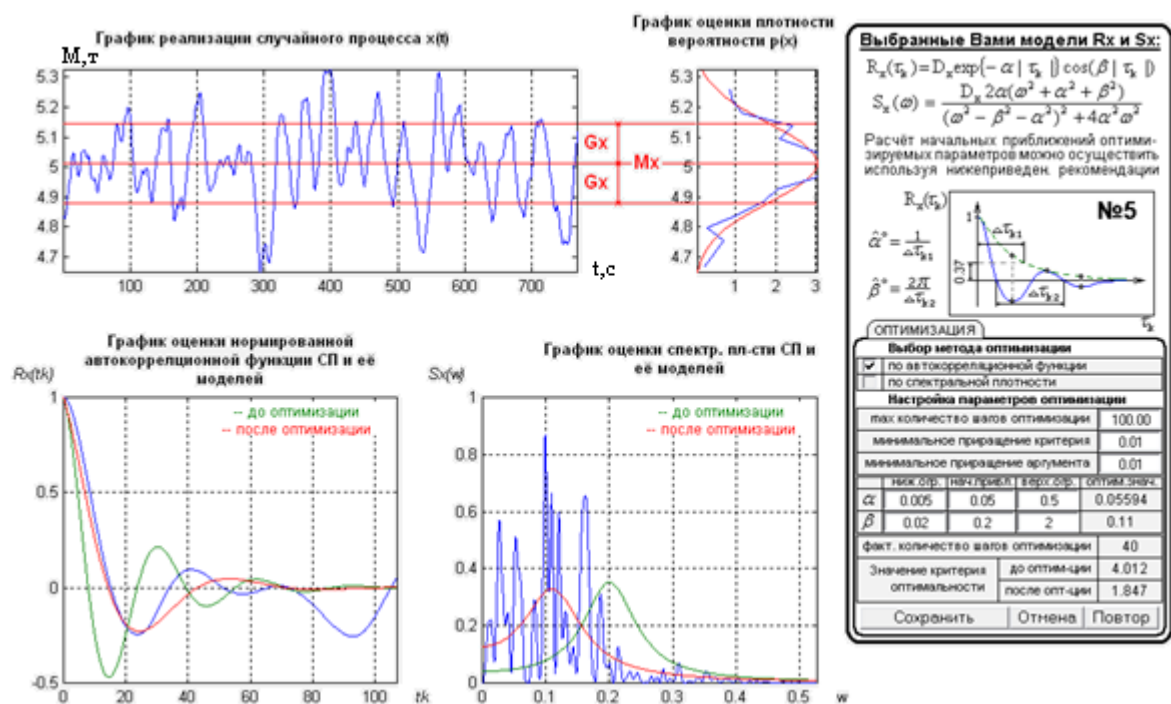


Рис. 2.8 – Результаты параметричної ідентифікації моделі №5 неконтрольованих збурень

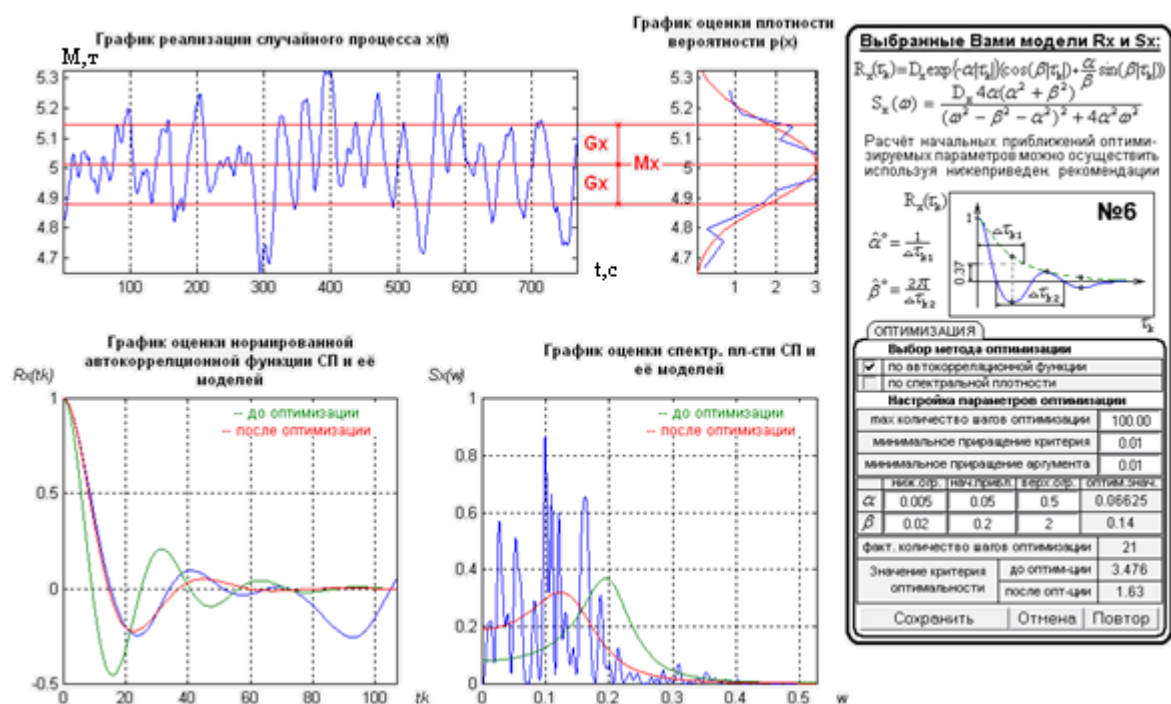


Рис. 2.9 – Результаты параметричної ідентифікації моделі №6 неконтрольованих збурень

Таблица результатов идентификации							
Номер модели		α	β	A	C	γ	Значение критерия оптимизации
✓	5	0.055937	0.11	-	-	-	3.4096
✓	6	0.06625	0.14	-	-	-	2.6572

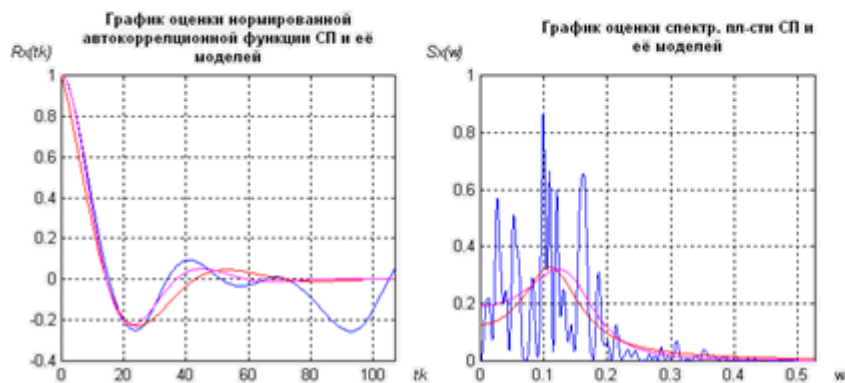


Рис. 2.10 – Підсумкові результати ідентифікації моделі неконтрольованих збурень

Як видно з результатів ідентифікації моделі неконтрольованих збурень (рис. 2.10) , кращою є модель №6, тому що для цієї моделі меншими є середньоквадратичні відхилення моделей від оцінок кореляційних функцій.

2.4. Реалізації моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним.

У цьому підрозділі роботи в пакеті Simulink середовища Матлаб для каналу ОК розробляється схема моделювання як для моделі 1-го, так і для моделі 2-го порядку.

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{e^{-1,5p}}{-168p} = e^{-1,5p} \cdot \frac{-1}{168p}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{e^{-0,8p}}{-168p \times (0,8p + 1)} = e^{-0,8p} \cdot \frac{-1}{168p} \cdot \frac{1}{0,8p + 1}$$

Моделі повинні мати один вхід, вихід моделей виводиться на графік в одній системі координат. У цю ж систему координат зводяться експериментальні дані. Для додавання в схему експериментальних даних попередньо готують експериментальні дані в табличному виді і реалізують їх у компоненті Look-Up-Table. Для досліджуваного ОК експериментальні дані зведено в таблицю 2.2. Схема моделювання каналу управління ОК наведена на рис. 2.11. Результати моделювання наведені на рис. 2.12.

Таблиця 2.2 – Експериментальні дані

t, c	M, т
0	6
1	6
2	5,98
3	5,96
4	5,93
5	5,9
6	5,87
7	5,84
8	5,81

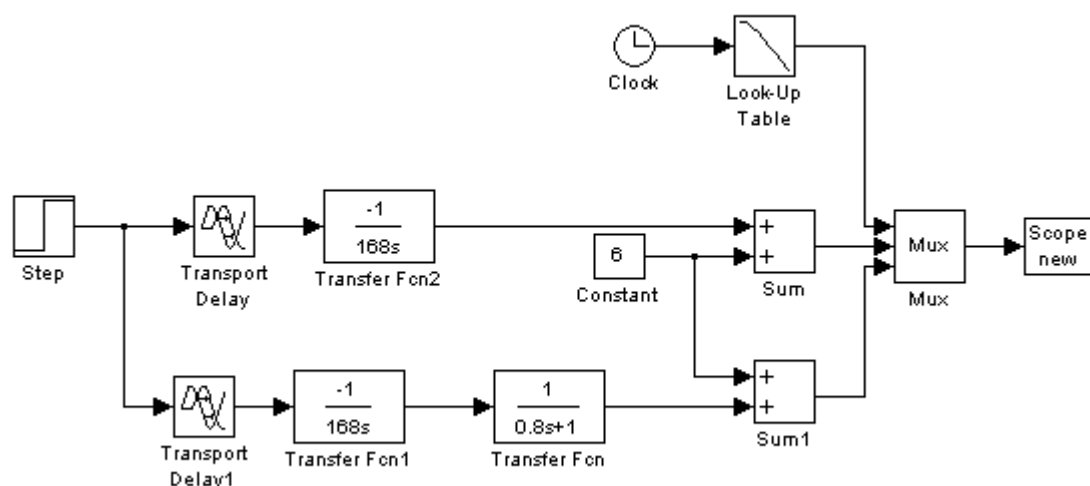


Рис. 2.11 – Схема моделювання каналу управління ОК

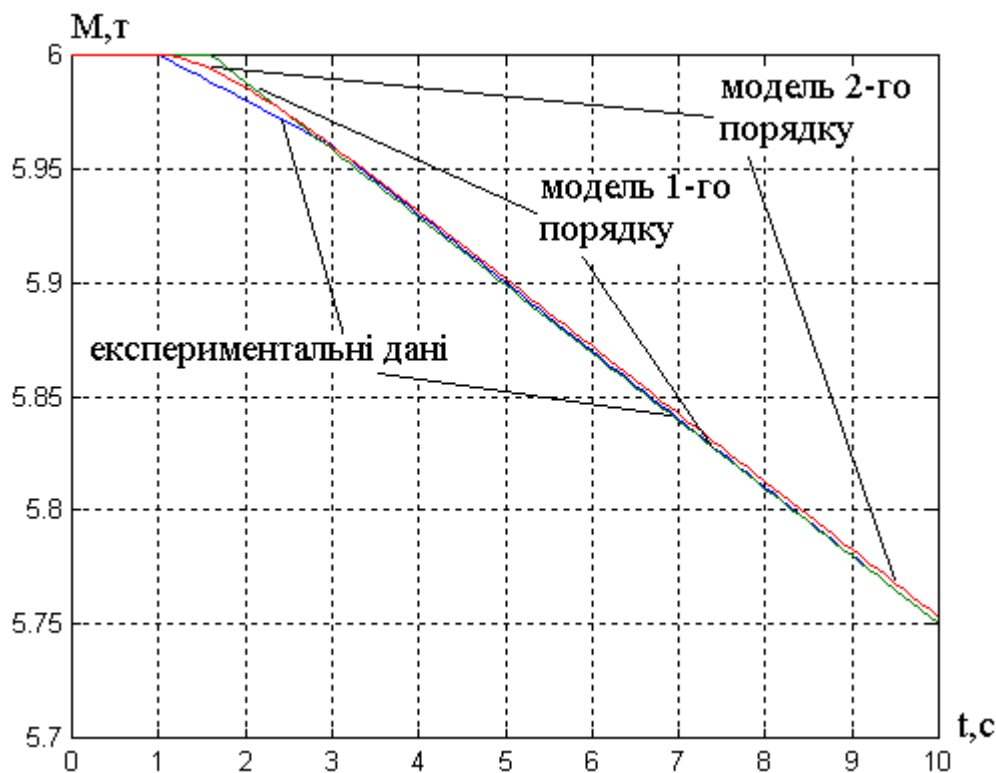


Рис. 2.12 – Результати моделювання ОК по каналу

Як видно з рис. 2.12, моделі ОК як 1-го, так і 2-го порядків досить точно описують експериментальні дані

Для реалізації повної моделі ОК об'єднаємо моделі динаміки каналів ОК. Схема моделювання в середовищі Матлаб, що відображує модель ОК, наведена на рис. 2.13, а результати моделювання – на рис. 2.14.

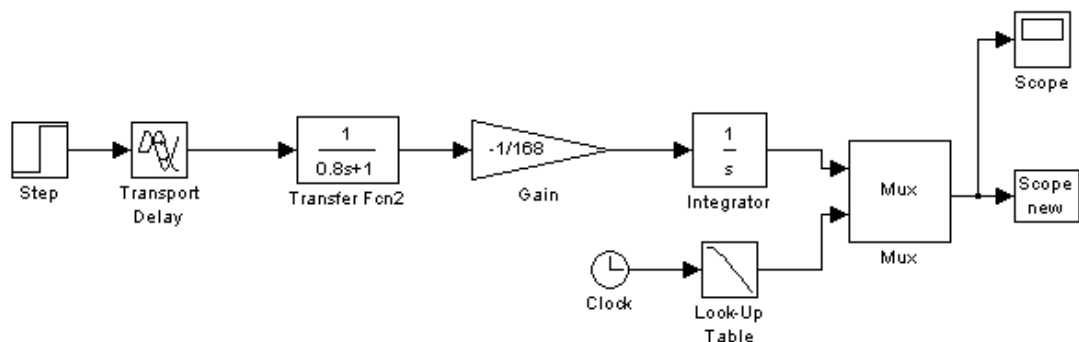


Рис. 2.13 – Схема моделювання повної моделі ОК

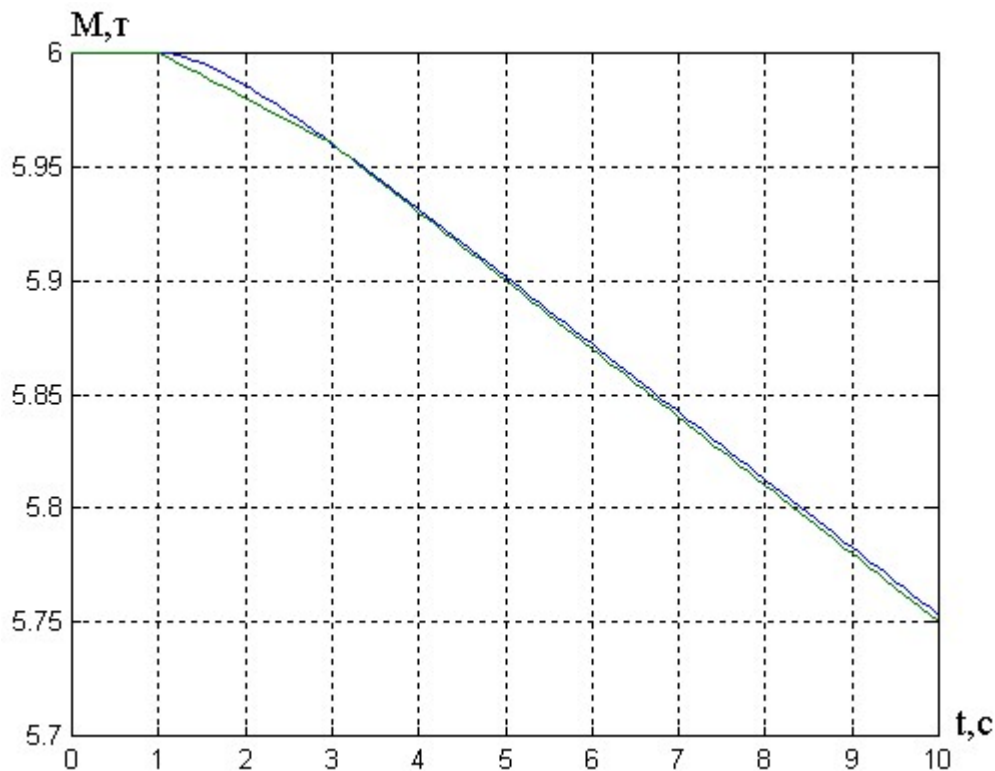


Рис. 2.14 – Результати реалізації повної моделі ОК в середовищі Матлаб

Як видно з результатів моделювання, модель ОК достатньо точно відображує експериментальні дані. Це означає, що отримана модель ОК є адекватною.

Для відтворення моделі збурень як стохастичних процесів (СП) із заданими властивостями будемо використовувати метод формуючому фільтру. Його можна представити у вигляді такої структурної схеми моделювання.

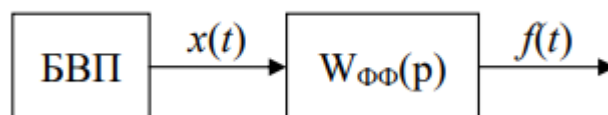


Рис. 2.15 – Структурна схема моделі СП

Для відтворення моделі стохастичного процесу із заданими властивостями спочатку треба визначити передаточну функцію формуючого фільтра $W_{\Phi\Phi}(p)$. Відомо, що спектральні щільності вхідного $x(t)$ і вихідного $f(t)$ сигналів взаємозалежні.

$$|W_{\phi\phi}(j\omega)|^2 = \frac{S_f(\omega)}{S_x(\omega)} = W_{\phi\phi}(j\omega) \cdot W_{\phi\phi}(-j\omega)$$

Якщо випадковий процес $x(t)$ має властивості білого шуму, то його спектральна щільність $S_x(\omega) = a = \text{const}$. Вона може бути розрахована за формулою

$$S_x(\omega) = \sigma_x^2 \cdot \frac{2 \cdot \Delta t_r}{3}$$

де σ_x – середньоквадратичне відхилення процесу $x(t)$, Δt_r – крок генерації випадкового процесу. Надалі до передаточної функції формуючого фільтра підставляють формули для спектральних щільностей вхідного й вихідного сигналу.

Для моделі №6

$$\begin{aligned} R_f(\tau_k) &= D_f e^{-\alpha|\tau_k|} \cdot \left(\cos(\beta|\tau_k|) + \frac{\alpha}{\beta} \sin(\beta|\tau_k|) \right); \\ S_f(\omega) &= \frac{D_f 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2)}{(\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2 \omega^2}; \\ S_f(j\omega) &= \frac{D_f 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2)}{(-(j)^2 \omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 - 4\alpha^2 (j)^2 \omega^2} = \\ &= \frac{\sqrt{D_f 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2)}}{(j\omega)^2 + \beta^2 + \alpha^2 + 2\alpha j\omega} \cdot \frac{\sqrt{D_f 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2)}}{(j\omega)^2 + \beta^2 + \alpha^2 - 2\alpha j\omega}. \end{aligned}$$

Бачимо, що

$$W_{\phi\phi}(j\omega) = \frac{\frac{2}{S_x(\omega)} \sqrt{D_f \alpha(\alpha^2 + \beta^2)}}{(j\omega)^2 + 2\alpha j\omega + \alpha^2 + \beta^2}.$$

А після заміни

$$W_{\phi\phi}(p) = \frac{\frac{2}{S_x(\omega)} \cdot \sqrt{D_f \alpha(\alpha^2 + \beta^2)}}{p^2 + 2\alpha p + \alpha^2 + \beta^2} = \frac{\frac{2}{S_x(\omega)} \cdot \sqrt{D_f \alpha(\alpha^2 + \beta^2)}}{(\alpha^2 + \beta^2) \left(\frac{1}{\alpha^2 + \beta^2} p^2 + \frac{2\alpha}{\alpha^2 + \beta^2} p + 1 \right)}.$$

Звідси

$$W_{\Phi\Phi}(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1},$$

Де

$$k = \frac{2}{S_x(\omega)} \cdot \sqrt{\frac{D_f \alpha}{\alpha^2 + \beta^2}}, \quad T = \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}, \quad \xi = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}.$$

Для випадкового процесу, що відображає неконтрольовані збурювання:

$$\alpha = 0,06625; \quad \beta = 0,14$$

$$\sigma_x = \frac{\sigma_f}{2} = \frac{0,1319}{2} = 0,06595$$

$$\Delta t_r = \frac{1}{(2 \dots 3) \times a} = \frac{1}{(2 \dots 3) \times 0,06625} = 7,5 \dots 5,03 \text{ с}$$

Виберемо крок генерації, рівним 6.

$$s_x(w) = \sigma_x^2 \times \frac{2 \times \Delta t_r}{3} = 0,06595^2 \times \frac{2 \times 6}{3} = 0,017$$

$$k = \frac{2}{S_x(w)} \times \sqrt{\frac{D_f a}{a^2 + \beta^2}} = \frac{2}{0,017} \times \sqrt{\frac{0,01739 \times 0,06625}{0,06625^2 + 0,14^2}} = 26$$

$$T = \frac{1}{\sqrt{a^2 + \beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{0,06625^2 + 0,14^2}} = 6,45 \text{ с}$$

$$\varepsilon = \frac{a}{\sqrt{a^2 + \beta^2}} = \frac{0,06625}{\sqrt{0,06625^2 + 0,14^2}} = 0,42$$

Вихідна передатна функція формуючого фільтра

$$W_{\Phi\Phi}(p) = \frac{26}{6,45^2 p^2 + 2 \times 0,42 \times 6,45 p + 1}$$

Сигнал неконтрольованих збурень повинен відповідати таким статистичним параметрам:

$$M_f = 5,013 \text{ т}$$

$$\sigma_f = 0,1319$$

$$a = 0,06625$$

$$b = 0,14$$

Схема моделювання буде мати вигляд, наведений на рис. 2.16.

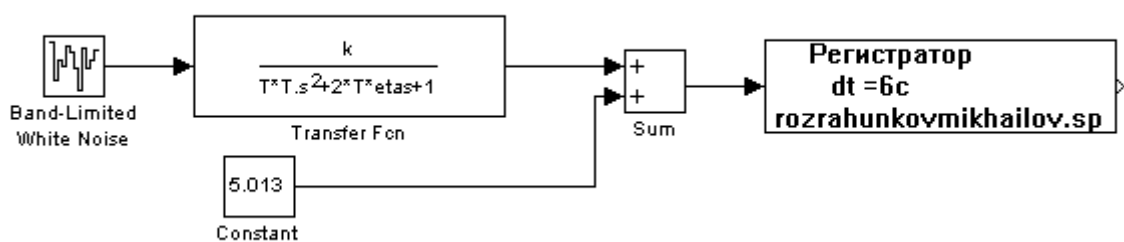


Рис. 2.16 – Схема моделювання неконтрольованих збурень із формуючим фільтром, що має розрахункові параметри

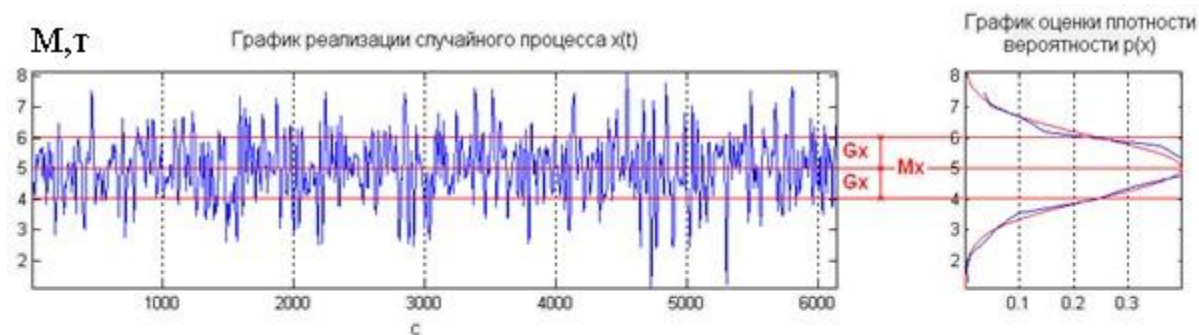
У параметрах блоку БВП необхідно встановити такі параметри:

$$\text{Noise power} = s_x(w) = 0,017$$

$$\text{Sample time} = \Delta t_r = 6 \text{ с}$$

$$\text{Seed} = 1$$

Результати моделювання наведені на рис. 2.17.



Характеристики сгенерированной реализации случайного процесса $x(t)$:	
Исходные	
Интервал времени генерации СП	$T_p = 6144$ с
Шаг квантования СП по времени генерации	$\Delta t = 6$ с
Количество точек сгенерированной реализации СП	$N = 1024$
Полученные в результате оценивания	
Оценка математического ожидания	$M_x = 5.02$
Оценка дисперсии	$D_x = 1.006$
Оценка среднеквадратического отклонения	$G_x = 1.003$
Оценка среднеквадратического периода	$T_{срл} = 49.35$ с
Количество среднеквадратических периодов в сгенерированной реализации СП (минимум 25...50)	$N_{T_{срл}} = 124.5$

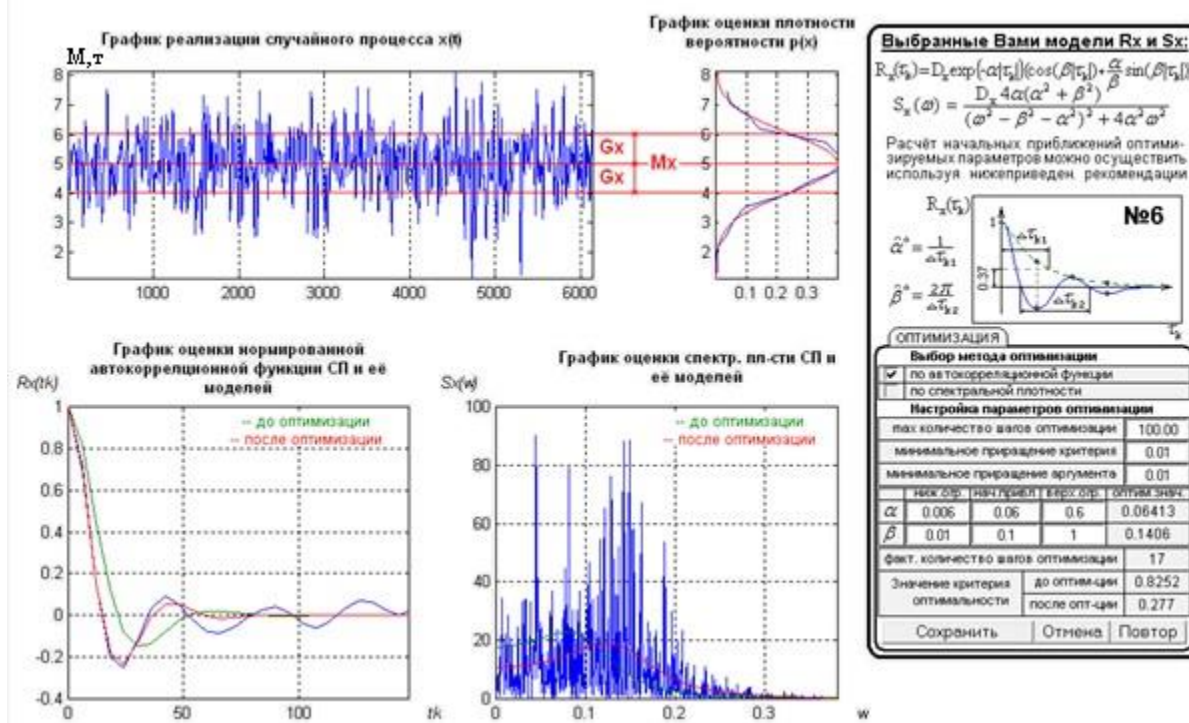


Рис. 2.17 – Результаты моделирования неконтрольованих збурень із розрахунковими параметрами формуючого фільтра

Оцінимо точність відтворення параметрів у моделі.

Точність відтворення математичного очікування:

$$\Delta M_f = \frac{|M_f - \widehat{M}_f|}{M_f} \times 100\% = \frac{|5,02 - \widehat{5,013}|}{5,02} \times 100\% = 0,13\%$$

Точність відтворення середньоквадратичного відхилення:

$$\Delta \sigma_f = \frac{|\sigma_f - \widehat{\sigma}_f|}{\sigma_f} \times 100\% = \frac{|1,003 - \widehat{0,1319}|}{1,003} \times 100\% = 86,8\%$$

Точність відтворення коефіцієнту спаду:

$$\Delta \alpha_f = \frac{|\alpha - \widehat{\alpha}_f|}{\alpha_f} \times 100\% = \frac{|0,06413 - \widehat{0,06625}|}{0,06413} \times 100\% = 3,3\%$$

Точність відтворення коефіцієнту коливальності:

$$\Delta \beta_f = \frac{|\beta - \widehat{\beta}_f|}{\beta_f} \times 100\% = \frac{|0,1406 - \widehat{0,14}|}{0,1406} \times 100\% = 0,42\%$$

Похибка відтворення σ_f більша від 5%, а значить необхідно провести коректування параметрів формуючого фільтра. Після коректування були отримані наступні параметри формуючого фільтра: $k = 3,4$.

Схема моделювання остаточного формуючого фільтра наведена на рис. 2.18, а результати моделювання наведені на рис. 2.19.

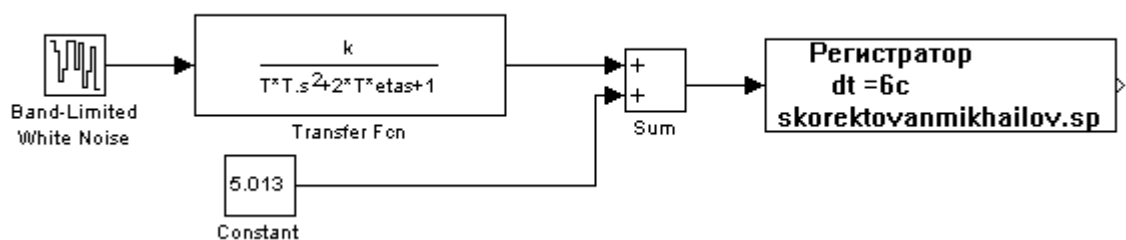


Рис. 2.18 – Схема моделювання неконтрольованих збурень із формуючим фільтром, що має скоректовані параметри

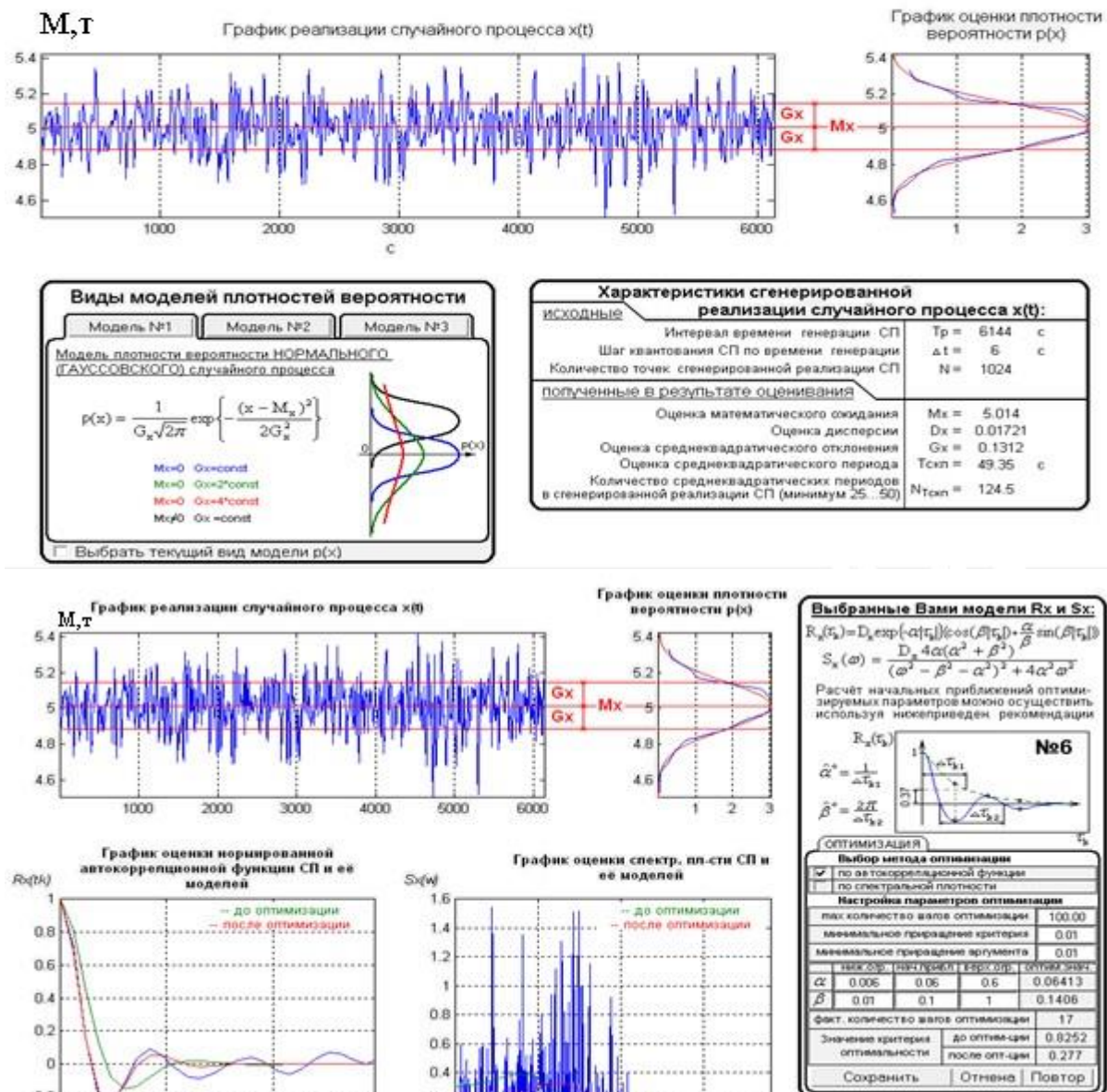


Рис. 2.19 - Результати моделювання неконтрольованих збурювань із скоректованими параметрами формуючого фільтра

Оцінимо точність відтворення параметрів у моделі.

$$k = \frac{\hat{\sigma}_f}{\sigma_f} \times k_p = \frac{0.1319}{1.003} \times 26 = 3.4$$

Точність відтворення математичного очікування:

$$\Delta M_f = \frac{|M_f - \widehat{M}_f|}{M_f} \times 100\% = \frac{|5.014 - 5.013|}{5.014} \times 100\% = 0.13\%$$

Точність відтворення середньоквадратичного відхилення:

$$\Delta\sigma_f = \frac{|\sigma_f - \widehat{\sigma}_f|}{\sigma_f} \times 100\% = \frac{|0,1312 - 0,1319|}{0,1312} \times 100\% = 0,53\%$$

Точність відтворення коефіцієнта спаду:

$$\Delta\alpha_f = \frac{|\alpha - \widehat{\alpha}_f|}{\alpha_f} \times 100\% = \frac{|0,06413 - 0,06625|}{0,06413} \times 100\% = 3,3\%$$

Точність відтворення коефіцієнту коливальності:

$$\Delta\beta_f = \frac{|\beta - \widehat{\beta}_f|}{\beta_f} \times 100\% = \frac{|0,1406 - 0,14|}{0,1406} \times 100\% = 0,42\%$$

Похибка відтворення σ_f менша від 5%, а значить точність моделі неконтрольованих збурювань є достатньою.

Повна модель ОК містить у собі повну модель каналів і модель вхідних дій. Схема моделювання повної моделі ОК наведена на рис. 2.20.

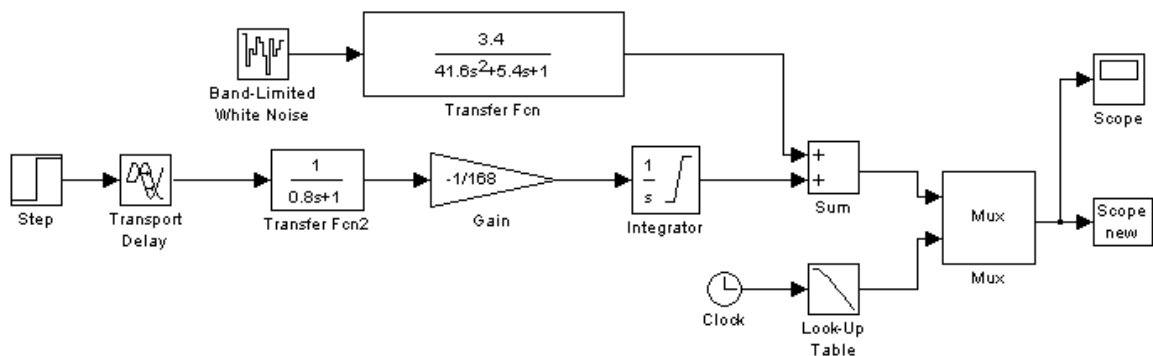


Рис. 2.20 – Схема моделювання повної моделі ОК

Проведемо експерименти з повною моделлю ОК.

Результати експерименту в результаті дії збурень тільки детермінованого характеру наведені на рис. 2.21, в умовах дії стохастичних неконтрольованих збурень – на рис. 2.22.

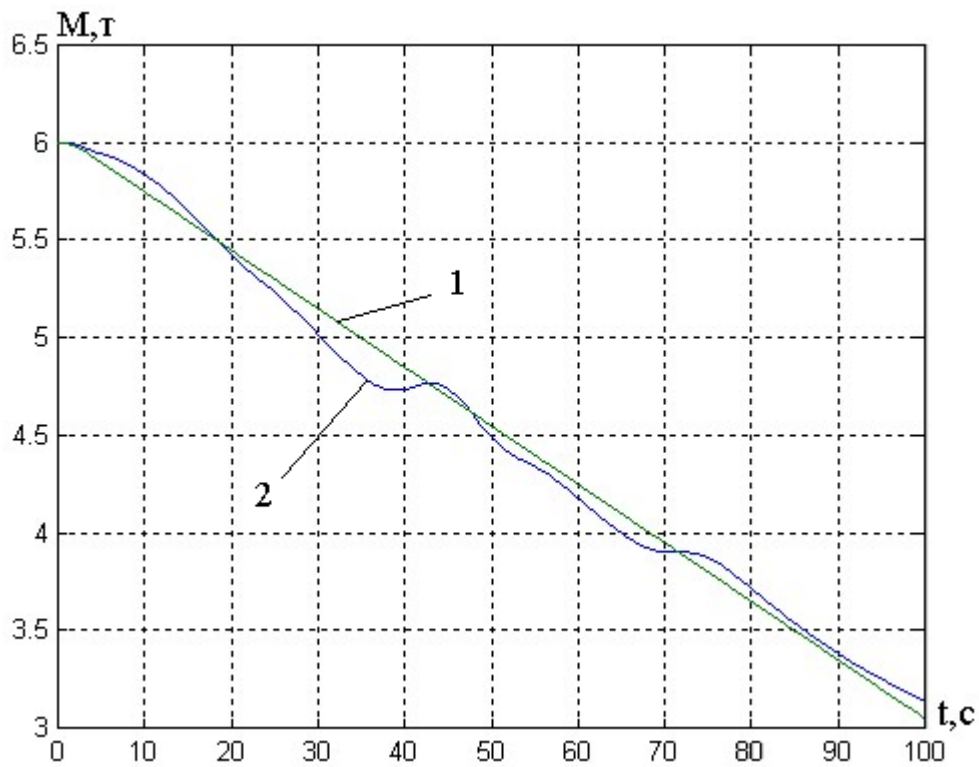


Рис 2.21 – Результати експерименту в результаті дії збурень тільки детермінованого характеру: 1 – експериментальні дані; 2 – модель.

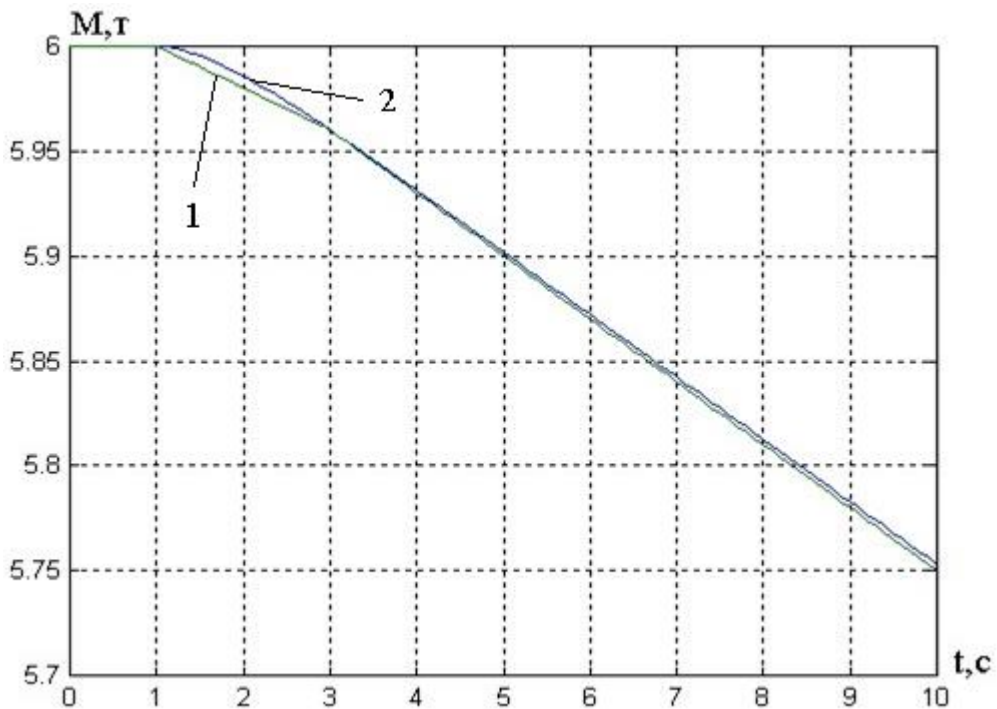


Рис. 2.22 – Результати експерименту в умовах дії стохастичних неконтрольованих збурень: 1 – експериментальні дані; 2 – модель.

Як показують результати експериментів, модель ОК в достатній мірі відтворює результати експериментальних досліджень.

2.5 Висновки за розділом

Якісна реалізація технологічного процесу керування витоком зерна з підвісового бункера залежить від точності підтримки режимного параметра: маси зерна в підвісовому бункері.

За каналом об'єкт має астатичні властивості і найбільш точно може бути описаний моделями другого порядку. Ідентифікація моделей каналів ОК, доступних для цілеспрямованої дії, проводилася методом активного експерименту з нанесенням на вхід каналу ступінчастої дії, для параметричної ідентифікації моделей каналу управління застосовувалися методики двох загальних точок для моделей першого і другого порядку.

Відтворення отриманих моделей у середовищі імітаційного моделювання здійснювалося в середовищі моделювання MATLAB.

Далі ця модель була використана для синтезу САР базової структури, а потім і підвищеної динамічної точності.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА І ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ, ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ САР

3.1. Конкретизація задач регулювання технологічним агрегатом.

Необхідно і доцільно автоматизувати кожну із завдань управління. Для завдання регулювання автоматизація необхідна для автоматичного регулювання заданої змінної в околиці бажаного значення із заданою точністю без фізичної участі людини. Для якісної і економічно доцільної реалізації технологічного процесу керування витоком зерна з підвісового бункера необхідно регулювати масу M .

Для завдання адаптації необхідна автоматизація пристосування в процесі роботи об'єкта управління до його змінних властивостей, заданим. Розглянутий технологічний процес є об'єктом неперервної дії. Властивості продукту істотно впливають на динамічні властивості об'єкта. Але ці властивості в процесі роботи установки на тривалому інтервалі часу змінюються мало. Цю задачу можна вирішити, змінюючи (коригуючи) настройки регуляторів в процесі роботи установки.

Для задачі оптимізації слід автоматизувати пошук оптимального протікання процесу, мінімізувати витрати енергії, брак готової продукції, збільшити продуктивність обладнання. Для процесу зважування зерна цю задачу можна вирішити, підвищивши вимоги до розв'язання задачі регулювання. Головним джерелом підвищення економічної ефективності цього процесу є зниження витрат електроенергії на реалізацію технологічного процесу.

Процес керування витоком зерна з підвісового бункера є об'єктом неперервної дії. Для нього є характерним тривалий робочий режим, на який об'єкт виводять в дистанційному режимі. Режими пуску і зупинки є неекономічними режимами роботи установки. Підвищення економічної ефективності роботи цього процесу в режимах пуску і зупинки можна досягти, автоматизувавши ці завдання. Тому для даного технологічного процесу актуальна автоматизація задачі логічного керування.

$$M = f(t)$$

$$M = K \times t + M_0$$

$$K = \frac{\Delta M}{\Delta t} = \frac{-0,5}{18,5} = -0,027 \text{ т/с}$$

$$M = -0,027t + M_0$$

Відповідно до нормативів ведення технологічних процесів маса M має підтримуватися на рівні 5т з точністю $\pm 0,1\text{т}$. За цим параметром припустимі короточасні відхилення до $\pm 0,5\text{т}$ протягом часу не більше 8 секунд. Регламентна зона за цим параметром наведена на рис. 3.1.

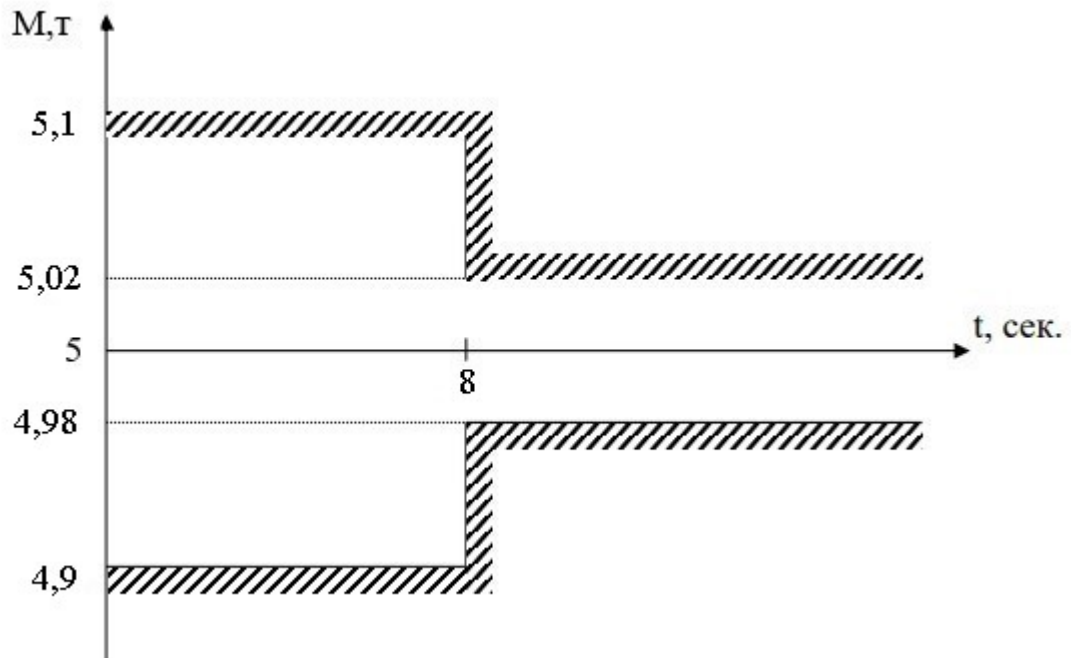


Рис. 3.1 – Регламентна зона для маси зерна в підвісовому бункері

Як видно з регламентів на САР для процесу керування витоком зерна з підвісового бункера регламентом на функціонування САР висувуються жорсткі вимоги до тривалих відхилень, то в якості критерію доцільно обирати інтегральний модульний критерій, що сильно штрафує незначні відхилення і мало штрафує короточасні відхилення. Рівняння для такого критерію матиме вигляд:

$$J = \int_0^{t_M} [|\Delta M(t)|] dt$$

Основу керування становить інформація про мету керування або про бажаний стан ОУ $\bar{y}^*$, про поточний стан ОУ $\bar{y}$ та про збуреннях $\bar{f}$.

Залежно від обсягу використовуваної керуючим пристроєм (КП) інформації про ОУ виділяють чотири принципи побудови САР: принцип розімкнутого твердого (програмного) керування; принцип розімкнутого керування по збурюванню; принцип замкнутого керування по стані ОУ або керування зі зворотним зв'язком; комбінований принцип керування.

Для системи керування процесом керування витоком зерна з підвісового бункера доступною, крім інформації про бажаний стан ОК, є інформація про поточний стан ОК. Такий обсяг інформації для формування керуючого впливу (u) достатній для реалізації замкненого принципу керування. Тому саме цей принцип і буде покладено в основу розроблюваної САР. Структурна схема цього принципу управління приведена на рис. 3.2.

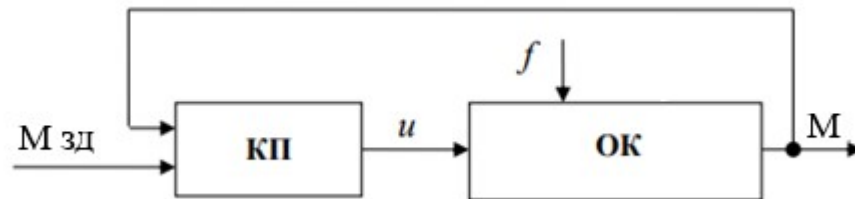


Рис. 3.2 – Структурна схема системи керування, що відповідає замкненому принципу керування

3.2. Параметричний синтез і аналіз САР базової структури

Відповідно до неї та до структурної схеми, що відповідає замкненому принципу керування (рис. 3.2), структурна схема САР матиме вигляд, наведений на рис. 3.3.

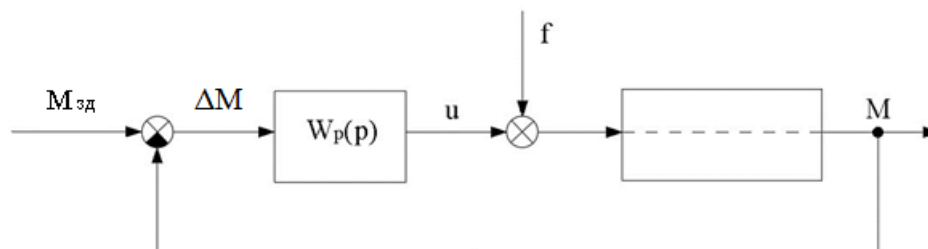


Рис. 3.3 – Структурна схема САР керування витоком зерна з підвісового бункера

Процес за каналом має астатичні властивості, тому в якості альтернативних варіантів алгоритмів регулювання обираємо пропорційно-інтегральний (ПІ) і пропорційно інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання.

Рівняння руху ПІ-регулятора

$$u(t) = K_p \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int_0^t \Delta y(t) dt \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПІ-регулятора

$$W^P(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{ИЗ}p} \right)$$

Рівняння руху ПІД-регулятора

$$u(t) = K_p \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int_0^t \Delta y(t) dt + T_{yII} \frac{d\Delta y(t)}{dt} \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПІД-регулятора

$$W^P(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{ИЗ}p} + \frac{T_{yII}p}{0,2 \cdot T_{yII}p + 1} \right)$$

$$W_o(p) = \frac{e^{-1,5p}}{-168p}$$

$$W_o(p) = \frac{e^{-0,8p}}{-168p \times (0,8p + 1)}$$

Структурна схема моделювання САР с ПІ-регулятором наведена на рис. 3.4, а с ПІД-регулятором - на рис. 3.5.

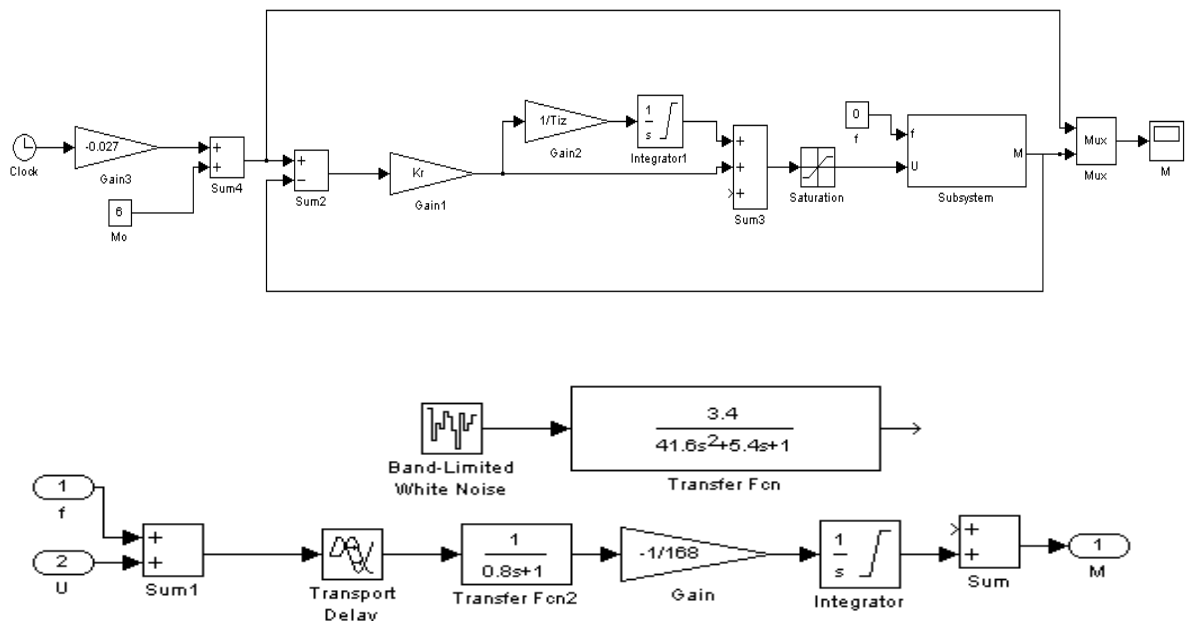


Рис. 3.4 – Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором

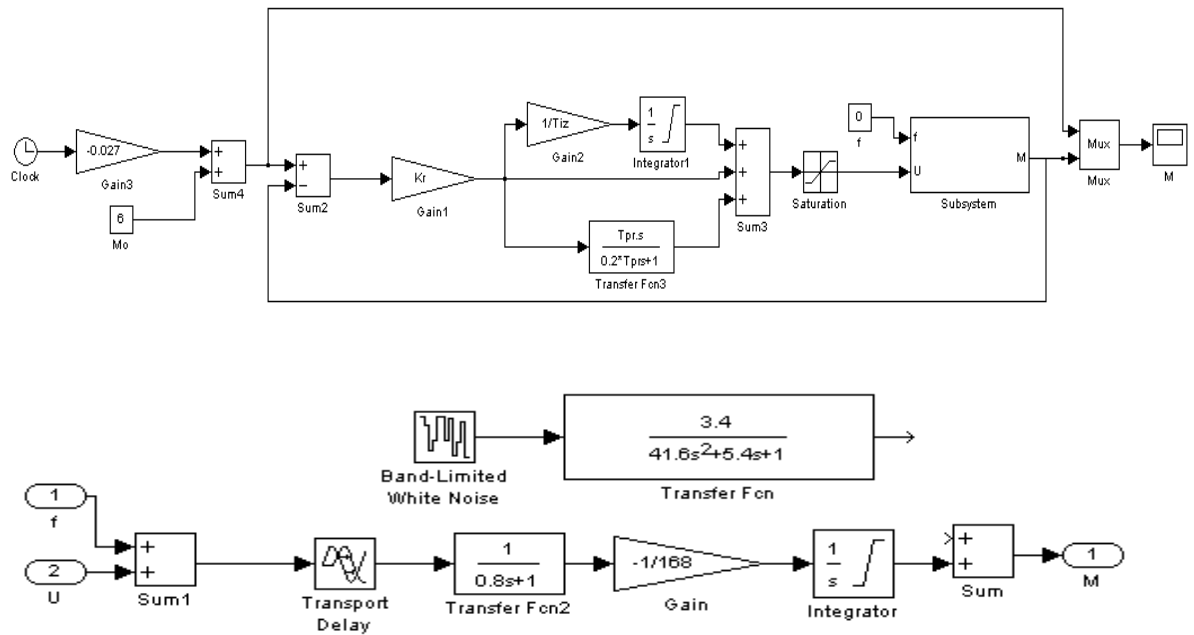


Рис. 3.5 – Структурна схема моделювання САР з ПІД-регулятором

Вибір початкових наближень настроювальних параметрів алгоритмів регулювання на основі інженерних методик параметричного (неоптимального) синтезу САР.

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК:

$$W_o(p) = \frac{e^{-1,5p}}{-168p}$$

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора:

$$K_p = \frac{0,7 \cdot T_o}{\tau_o}$$

$$T_{I3} = 4 \cdot \tau_o$$

$$Kp = -\frac{0,7 \times 168}{1,5} = -78,4 \text{ \%х. р. о/т}$$

$$T_{i3} = 4 \times 1,5 = 6 \text{ с}$$

Розрахунок параметрів ПД- регулятора:

$$K_p = \frac{1,1 \cdot T_o}{\tau_o}$$

$$T_{I3} = 2 \cdot \tau_o$$

$$T_{yII} = (0,5 \dots 1) \cdot \tau_o$$

$$Kp = \frac{1,1 \times 168}{1,5} = -123,2 \text{ \%х. р. о/т}$$

$$Ti3 = 2 \times 1,5 = 3 \text{ с}$$

$$T_{yp} = 1 \times 1,5 = 1,5 \text{ с}$$

Для оптимального параметричного синтезу САР з ПІ-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рисунку 3.6. Результати оптимізації налаштувань ПІ-регулятора наведені на рис. 3.7.

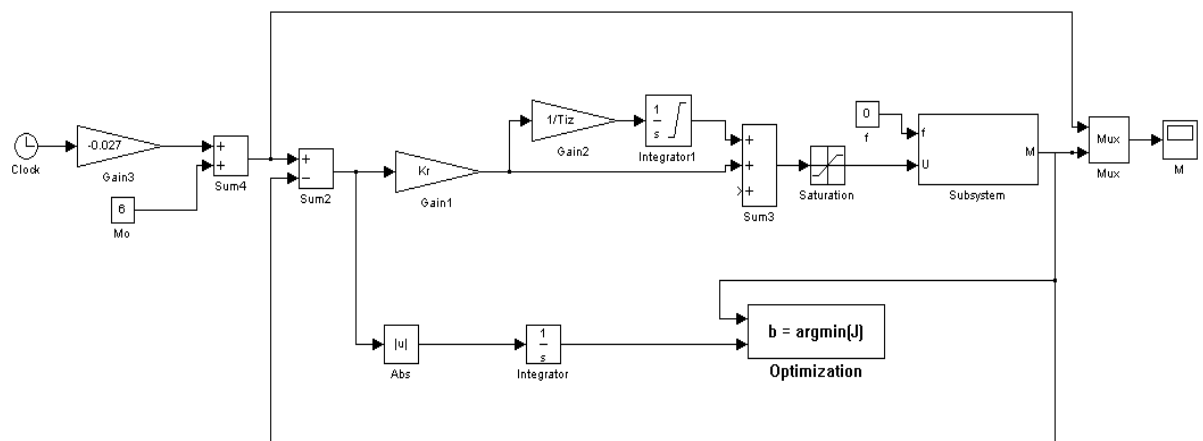
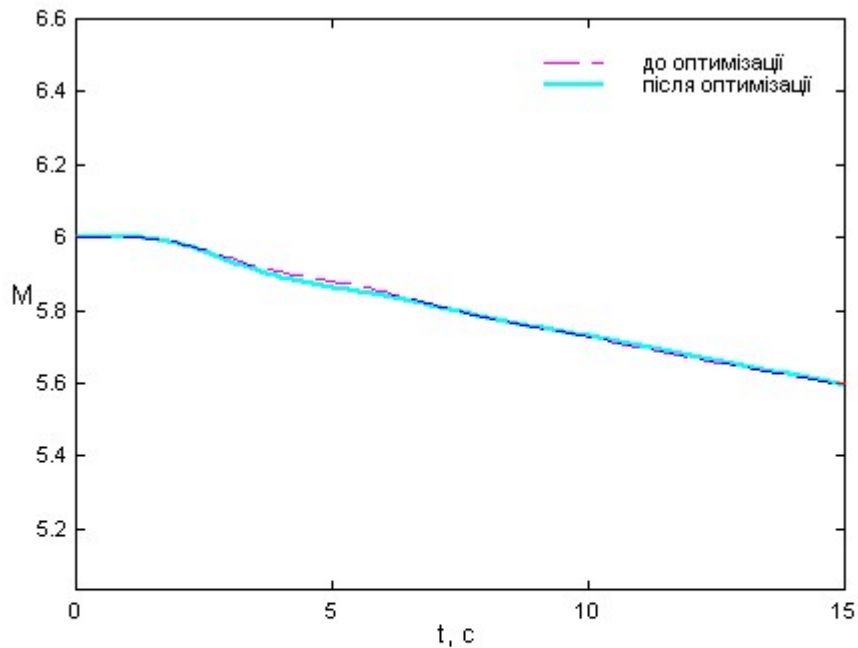


Рис. 3.6 - Структурна схема моделювання САР для оптимізації налаштувань ПІ регулятора



Ім'я змінної	Оптимальне значення	Нижня межа	Початкове наближення	Верхня межа	Значення критерію оптимальності:
Kr	-178.8138	-1000	-123.2	0	до - 0.16606
Tiz	2.9795	1	3	300	після - 0.098919
Tpr	0.8581	0	1.5	50	оптимізації.
					Кількість кроків процедури оптимізації:
					максимальна - 1000
					фактична - 167

Рис. 3.9 – Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора

Порівняємо перехідні процеси в САР з ПІД-регулятором до і після оптимізації за інтегральним і прямими показниками якості.

Для проведення порівняльного аналізу САР з ПІ- та ПІД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.10. При цьому структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором наведена на рис. 3.11, а САР з ПІД-регулятором - на рис. 3.12. Результати порівняння варіантів САР наведені на рис. 3.13 і в таблиці 3.1.

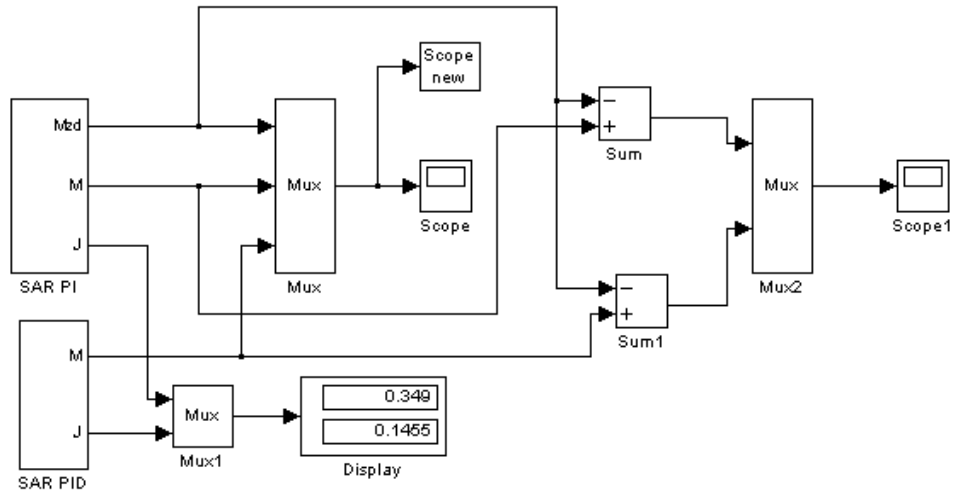


Рис. 3.10 - Структурна схема моделювання для порівняльного аналізу варіантів САР

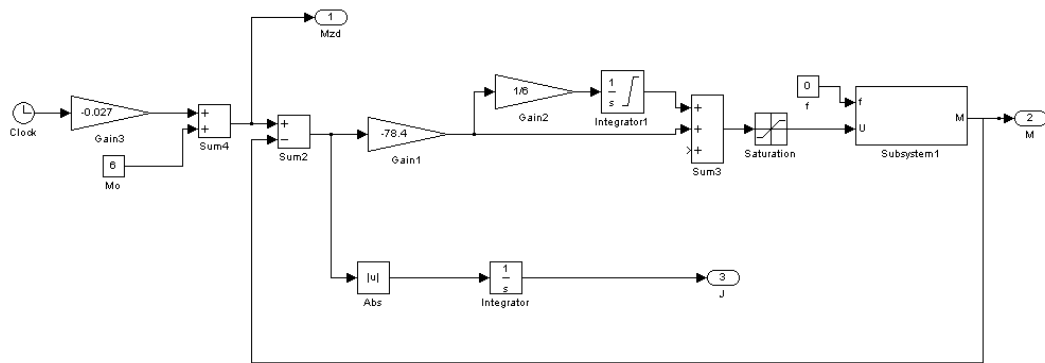


Рис. 3.11 – Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором

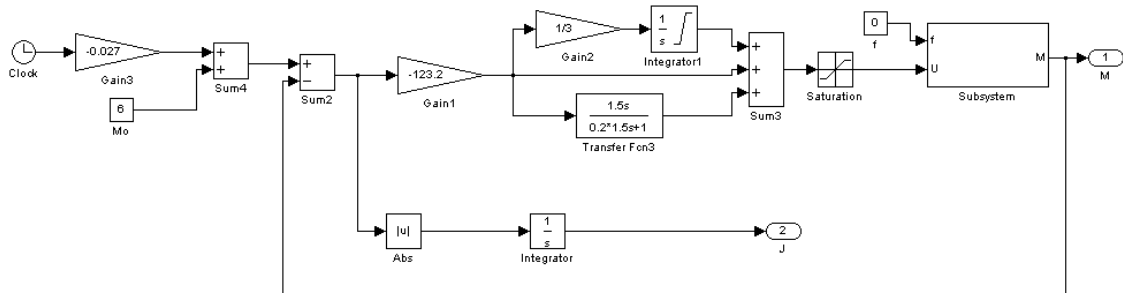


Рис. 3.12 – Структурна схема моделювання САР з ПД-регулятором

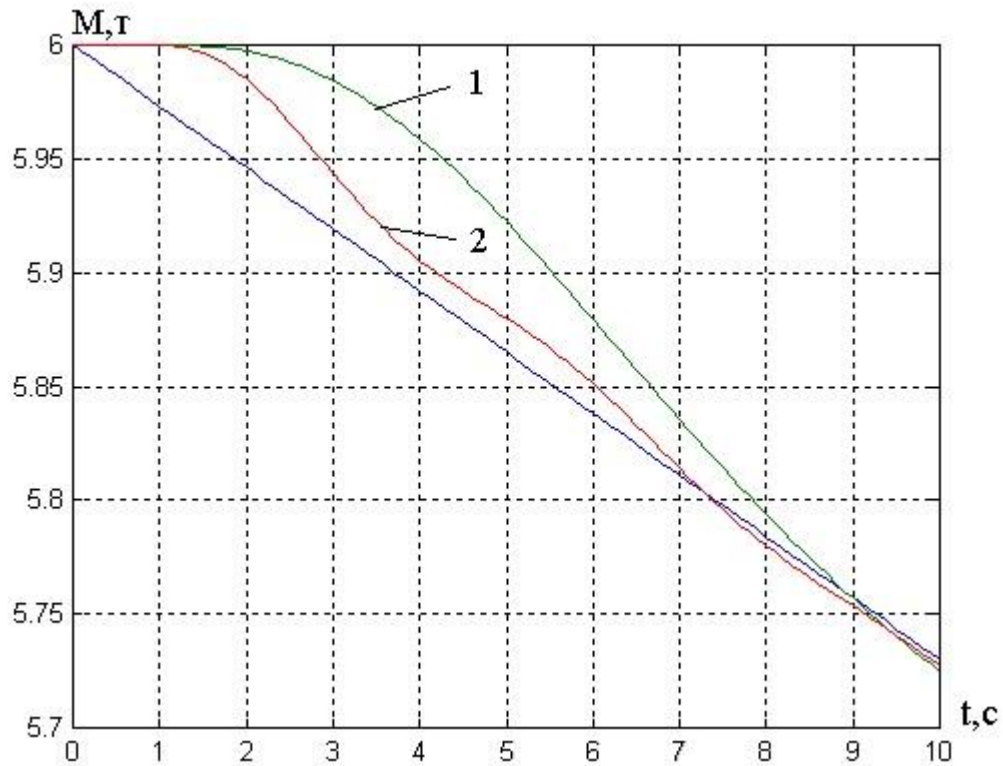


Рис. 3.13 – Результати порівняння варіантів САР: 1 – САР з ПІ-регулятором; 2 – САР з ПІД-регулятором.

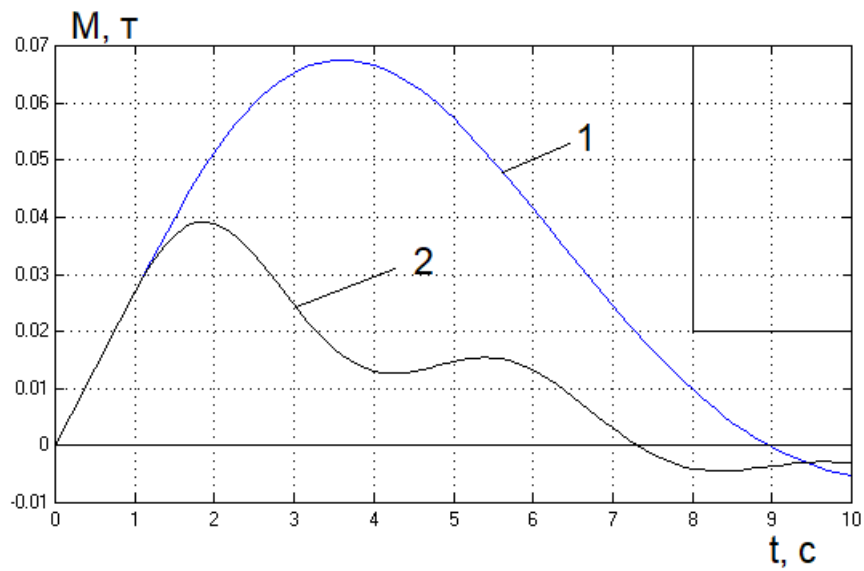


Рис. 3.13 (закінчення) – Результати порівняння варіантів САР: 1 – САР з ПІ-регулятором; 2 – САР з ПІД-регулятором.

Таблиця 3.1 – Результати порівняння варіантів САР

Алгоритм регулювання	Прямі показники якості		Критерій
	$\Delta M^{\text{МАКС}}$	Т _{пп} , с	
ПІ	0,0675	7,28	0,349
ПІД	0,0392	3,28	0,1455

Як видно з результатів порівняння перехідних процесів, САР з ПІД-регулятором є кращою за усіма показниками. Тому ПІД-закон регулювання будемо використовувати і надалі.

Структурні схеми моделювання для аналізу САР з ПІ- та ПІД-регуляторами на грубість наведені на рис. 3.14 та 3.15.

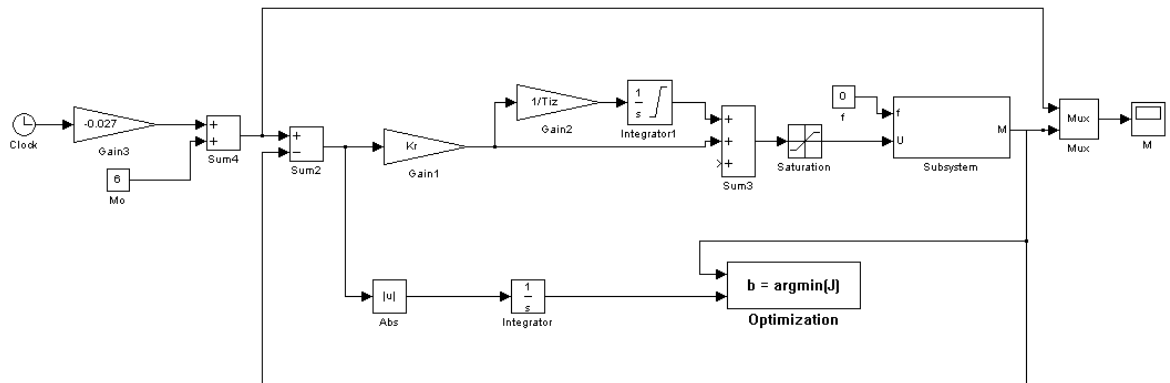


Рис. 3.14 – Структурна схема моделювання для аналізу САР з ПІ-регулятором на грубість

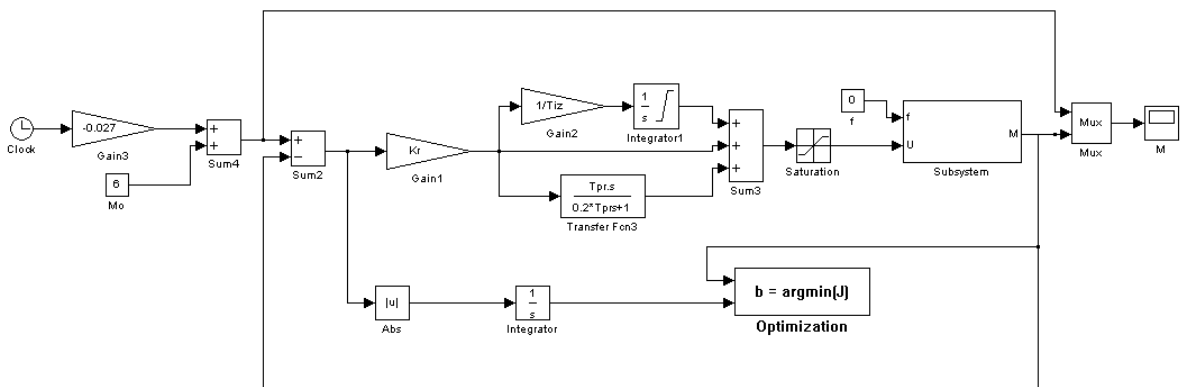


Рис. 3.15 – Структурна схема моделювання для аналізу САР з ПІД-регулятором на грубість

Результати оцінки САР з ПІ-регулятором на грубість наведені на рис. 3.16, а САР з ПД-регулятором – на рис. 3.17. Як видно з результатів, САР і з ПІ-регулятором і з ПД-регулятором є грубою.

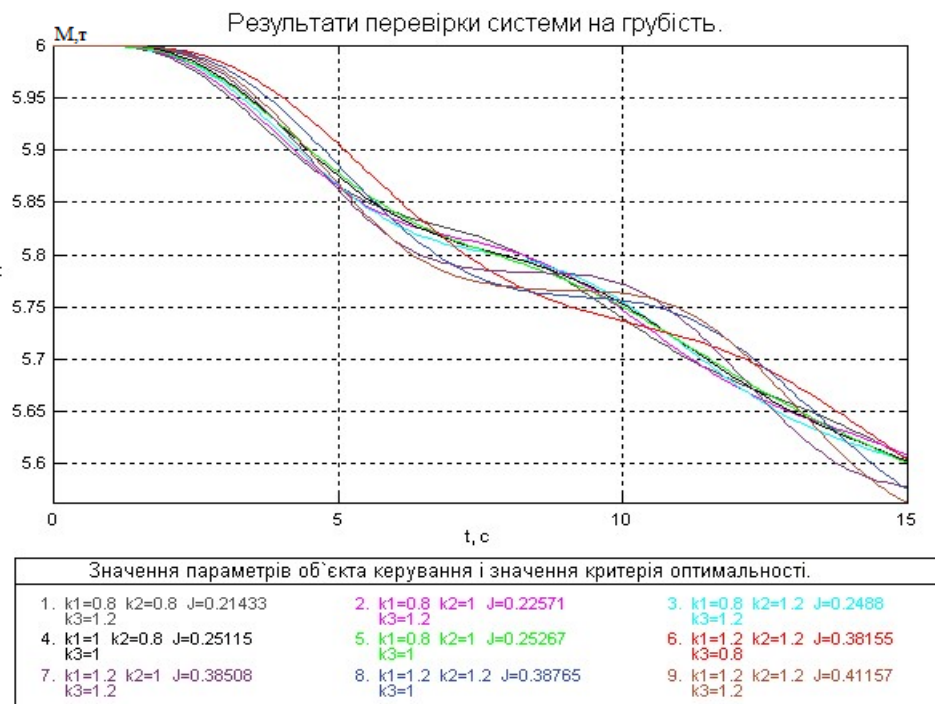


Рис. 3.16 - Аналіз на грубість САР з ПІ-регулятором.

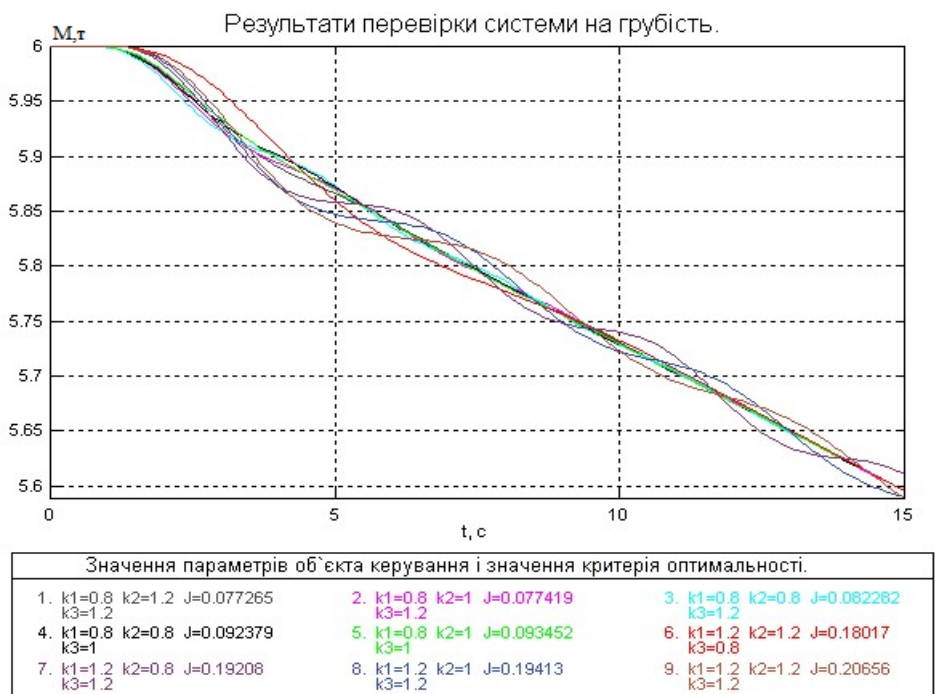


Рис. 3.17 - Аналіз на грубість САР з ПД-регулятором.

Як видно з результатів оцінки САР на грубість, "найсприятливішим" для керування сполученням параметрів ОК є більший на 20% час запізнення ОК, а "найнесприятливішим" для керування сполученням - на 20% менший час запізнення.

3.3 Структурний і параметричний синтез САР підвищеної динамічної точності і її аналіз.

Причиною недостатньої точності САР можуть бути зовнішні умови: дія інтенсивних контрольованих і неконтрольованих збурень, інтенсивна зміна завдання САР, а також внутрішні особливості ОУ і САР (значне співвідношення t_0 / T_0 , взаємний вплив каналів в багатовимірної САР).

У нашому випадку основною причиною недостатньої динамічної точності САР є передісторія заданого значення. Основним шляхом підвищення динамічної точності саме розглянутої САР є побудова САР, інваріантної до передісторії заданого значення

Відповідно структурна схема САР, інваріантна до передісторії заданого значення наведена на рис. 3.18.

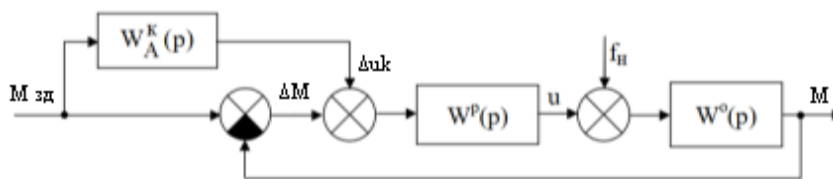


Рис. 3.18 – Структурна схема САР підвищеної динамічної точності

Інваріантність регульованої змінної у відносно передісторії заданого значення уЗД означає, що помилки відтворення в системі дорівнюють нулю

$$\Delta M_{\text{відт}} | M^{\text{зд}} = 0, \forall t > 0$$

Розглянемо рівняння руху САР за каналом завдання у загальному вигляді:

$$y_{\text{узд}} = W_{\text{узд}}^{\text{с}}(p) \cdot u^{\text{зд}}$$

Помилка відтворення $\Delta y_{\text{відтв}} = y^{3д} - y = 0$ якщо буде виконано

умову $W_{y^{3д}y}^c(p) = 1$.

Запишемо передаточну функцію системи за каналом завдання:

$$\begin{aligned} W_{y^{3д}y}^c(p) &= \frac{W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)}{1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)} + \frac{W^K(p) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)}{1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)} = \\ &= \frac{W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) + W^K(p) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)}{1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)} = 1 \end{aligned}$$

Для виконання умови необхідно, щоб чисельник дорівнював знаменнику:

$$\begin{aligned} W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) + W^K(p) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) &= 1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) \\ W^K(p) \cdot W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) &= 1 + W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) - W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p) \\ W^K(p) &= \frac{1}{W^p(p) \cdot W_{uy}^o(p)} \end{aligned}$$

Якщо в якості ОК ми розглядаємо об'єкт з астатичними властивостями, то його передаточні функції матимуть вигляд:

$$W_{uy}^o(p) = \frac{e^{-\tau_u p}}{T_u p}$$

$$W_o(p) = \frac{e^{-1,5p}}{-168p}$$

Якщо в якості регулятора розглядатимемо ПІД-регулятор, то його передаточна функція матиме вигляд:

$$W^p(p) = k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{ІЗ}p} + T_{уП}p \right) = k_p \cdot \frac{T_{ІЗ} \cdot T_{уП} \cdot p^2 + T_{ІЗ}p + 1}{T_{ІЗ}p}$$

$$W^p(p) = 178,8_p \times \left(1 + \frac{1}{2,97p} + 0,85p \right) = -178,8p \cdot \frac{2,5p^2 + 2,97p + 1}{2,97p}$$

Проведемо підстановку, отримаємо:

$$W^K(p) = \frac{1}{k_p \cdot \frac{T_{I3} \cdot T_{yп} \cdot p^2 + T_{I3}p + 1}{T_{I3}p} \cdot \frac{e^{-\tau_u p}}{T_u p}} =$$

$$= \frac{1}{k_p} \cdot e^{\tau_u p} \cdot \frac{T_{I3} \cdot T_u \cdot p^2}{T_{I3} \cdot T_{yп} \cdot p^2 + T_{I3}p + 1}$$

$$W^K(p) = \frac{1}{-178.8p \times \frac{2,5p^2 + 2,97p + 1}{2,97p} \cdot \frac{e^{-1,5p}}{-168p}}$$

$$= \frac{1}{178.8p \times \frac{2,5p^2 + 2,97p + 1}{2,97p} \cdot \frac{e^{-1,5p}}{168p}} =$$

$$= e^{1,5p} \times \frac{2,8p^2}{2,5p^2 + 2,97p + 1}$$

Отримана передатна функція коригувального зв'язку не є фізично нереалізованою, оскільки містить ланку чистого випередження. Для забезпечення фізичної реалізованості передавальної функції зробимо заміну:

$$e^{\tau_u p} \approx 1 + \frac{\tau_u p}{0,1\tau_u p + 1}$$

$$e^{-1,5p} = 1 + \frac{1,5p}{0,1 \times 1,5p + 1} = 1 + \frac{1,5p}{0,15p + 1} = \frac{1,65p + 1}{0,15p + 1}$$

Тоді передатна функція фізично реалізованого коригувального зв'язку матиме вигляд:

$$W^K(p) = \frac{1,65p + 1}{0,15p + 1} \times \frac{2,8p^2}{2,5p^2 + 2,97p + 1}$$

Структурна схема моделювання передавальної функції коригуючого зв'язку наведена на рис. 3.19, а її перехідна характеристика – на рис. 3.20.

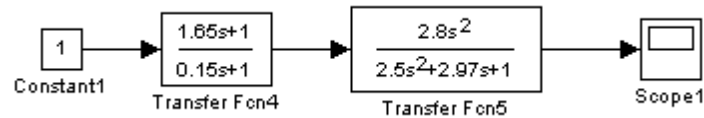


Рис. 3.19 – Структурна схема моделювання передавальної функції коригувального зв'язку

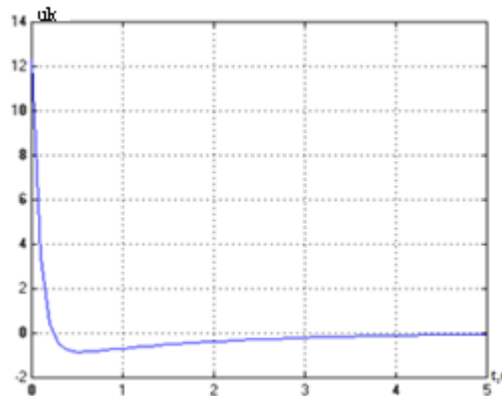


Рис. 3.20 – Перехідна характеристика коригуючого зв'язку

Приклад розглянемо для раніше отриманої ПФКЗ

Отримана передаточна функція коригуючого зв'язку представлена занадто складною передаточною функцією, тому її доцільно спростити при збереженні її диференціюючих властивостей. Спрощена передаточна функція коригуючого зв'язку матиме вигляд:

$$W^K(p) = K_K \cdot \frac{T_K p}{T_K p + 1}$$

Представимо передаточну функцію з'єднанням типових ланок. Схема моделювання спрощеного коригуючого зв'язка на рис. 3.21.

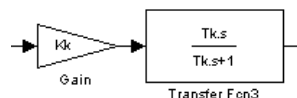


Рис. 3.21 – Структурна схема моделювання спрощеного коригуючого зв'язку

В якості початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку приймемо такі значення параметрів: $K_K = 1,9$; $T_K = 1,5$. Для уточнення початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку скористаємося схемою моделювання, наведеної на рис. 3.22.

Результати розрахунку початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку наведені на рис. 3.23, а результати моделювання – на рис. 3.24.

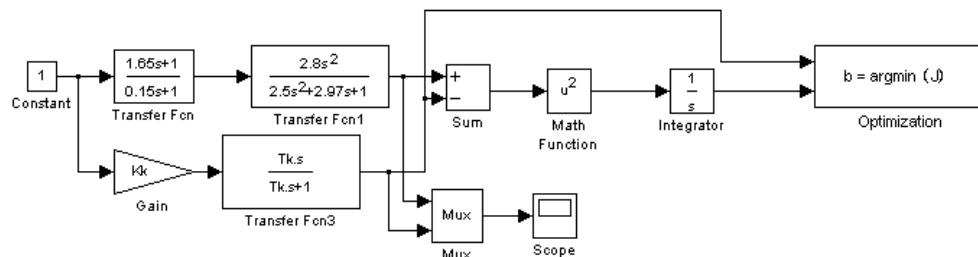
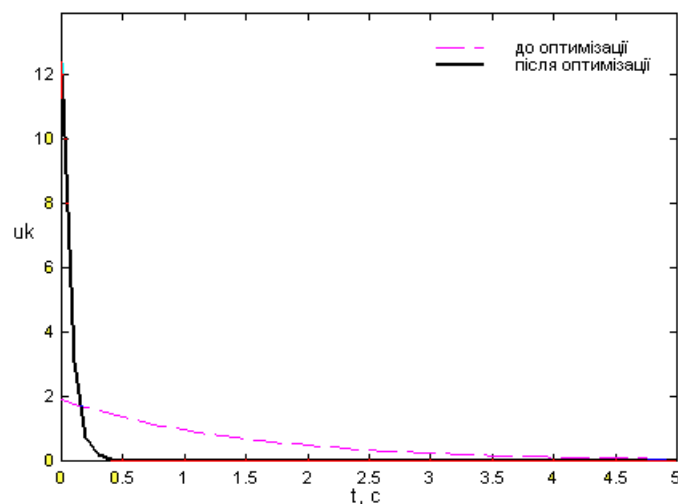


Рис. 3.22 – Схема моделювання для уточнення початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку.



Ім'я змінної	Оптимальне значення	Нижня межа	Початкове наближення	Верхня межа	Значення критерію
K_K	12.3711	-30	1.9	30	до - 16.3052
T_K	0.13273	0	1.5	50	після - 0.86038
					оптимізації.
					Кількість кроків
					процедури оптимізації:
					максимальна - 1000
					фактична - 91

Рис. 3.23 – Результати розрахунку початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку

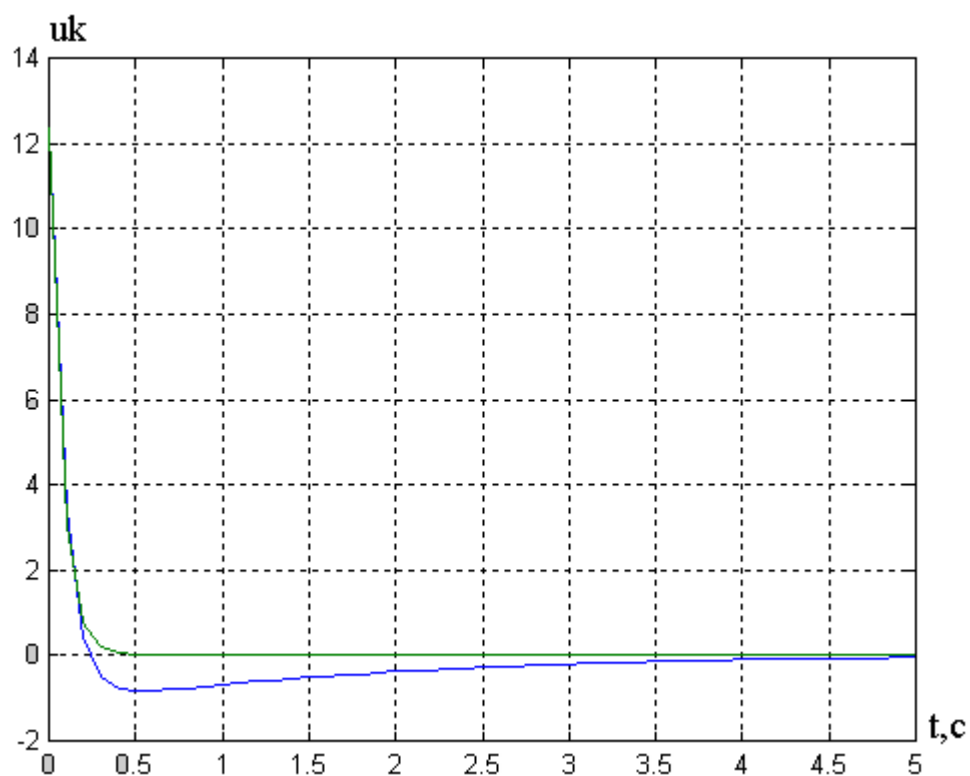


Рис. 3.24 – Перехідні характеристики розрахункового 1 та спрощеного 2 коригуючого зв'язку

Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для оптимального параметричного синтезу коригуючого зв'язку приведена на рис. 3.25, а результати оптимізації - на рис. 3.26.

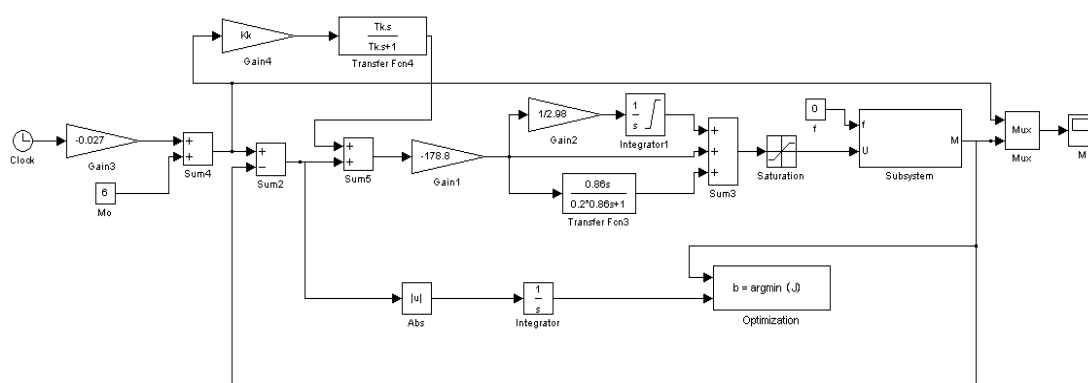
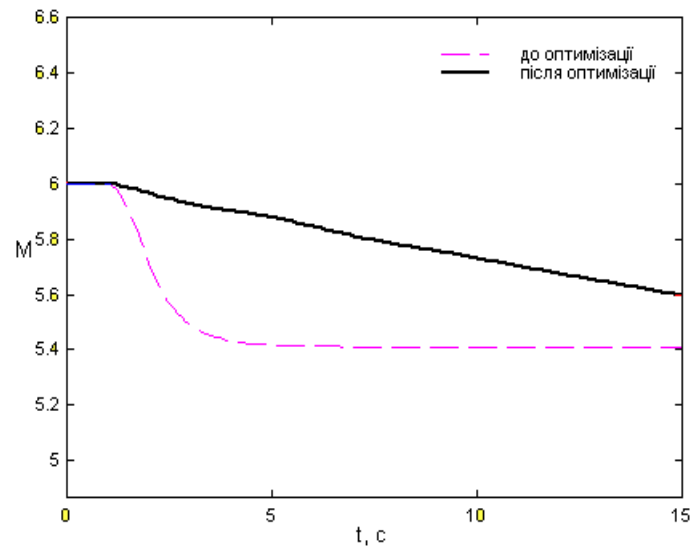


Рис. 3.25 – Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для оптимального параметричного синтезу коригуючого зв'язку



Ім'я змінної	Оптимальне значення	Нижня межа	Початкове наближення	Верхня межа	Значення критерію оптимальності:
Kk	0.0077035	-30	12.3711	30	до - 4.5281
Tk	0.10724	0	0.132726	50	після - 0.09036
					оптимізації.
					Кількість кроків
					процедури оптимізації:
					максимальна - 1000
					фактична - 77

Рис. 3.26 – Результати оптимізації САР підвищеної динамічної точності

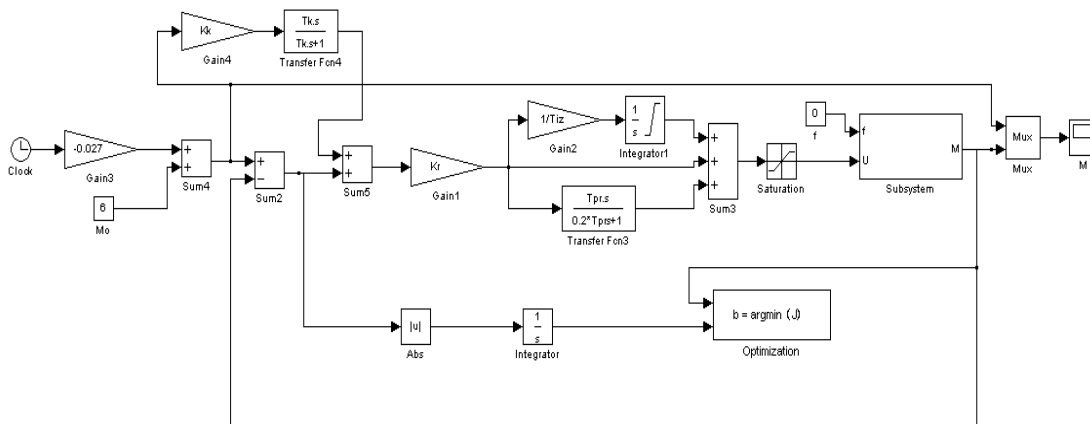


Рис 3.27 - Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для оптимального параметричного синтезу коригуючого зв'язку і регулятора

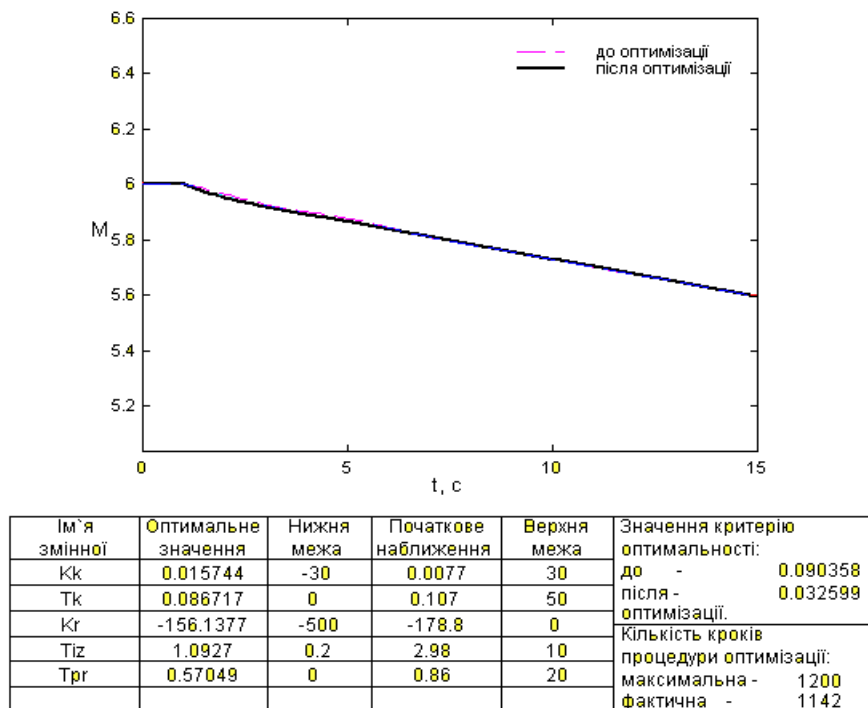


Рис 3.28 - Результати оптимізації САР підвищеної динамічної точності

Як і в випадку з САР базової структури, САР підвищеної динамічної точності досліджуємо на грубість в умовах варіації параметрів ОК, а саме, часу запізнення в каналах ОК $\pm 20\%$

Результати перевірки САР підвищеної динамічної точності на грубість в умовах варіації параметрів ОК наведено на рис. 3.29.

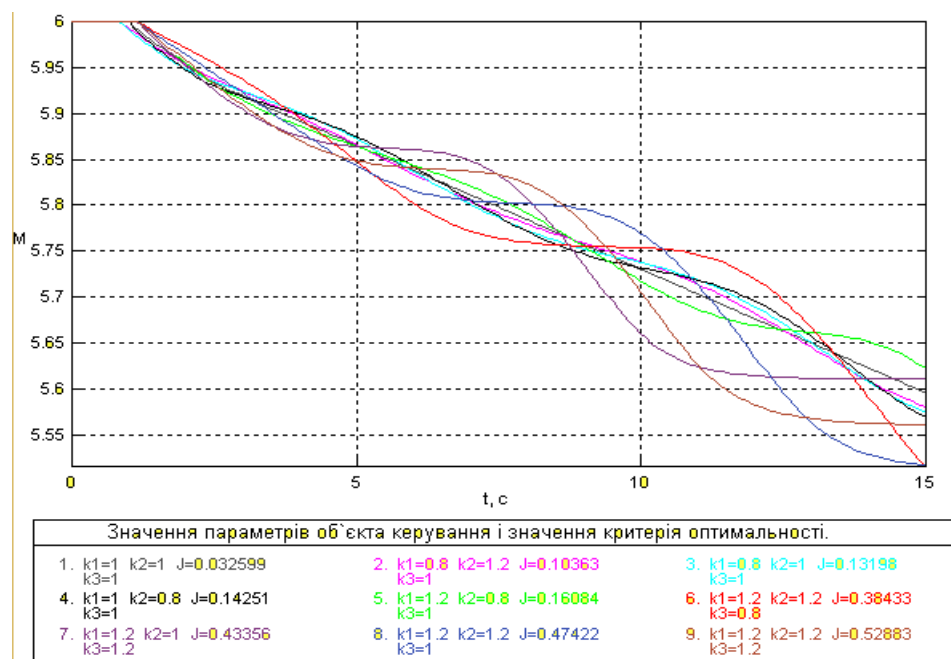


Рис 3.29 – Аналіз САР підвищеної динамічної точності на грубість.

$k_1=1,2; k_2=1,2; k_3=1,2$

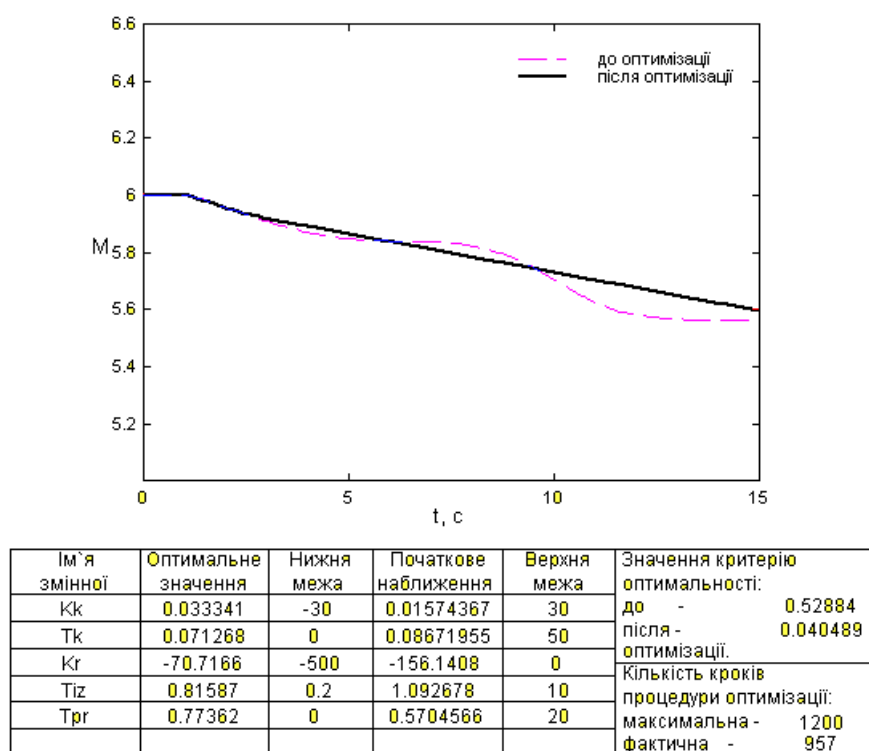


Рис 3.30 - Результати оптимізації САР підвищеної динамічної точності для забезпечення грубості САР

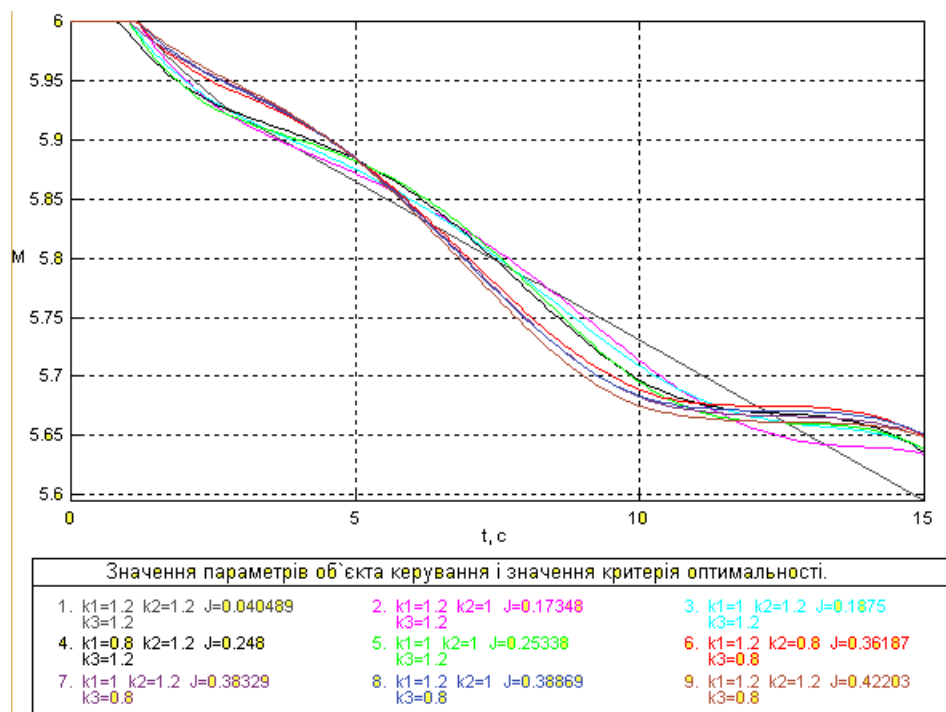


Рис 3.31 - Аналіз САР підвищеної динамічної точності на грубість

Проведемо оптимізацію параметрів регулятора та коригуючого зв'язку в умовах параметричної невизначеності ОК.

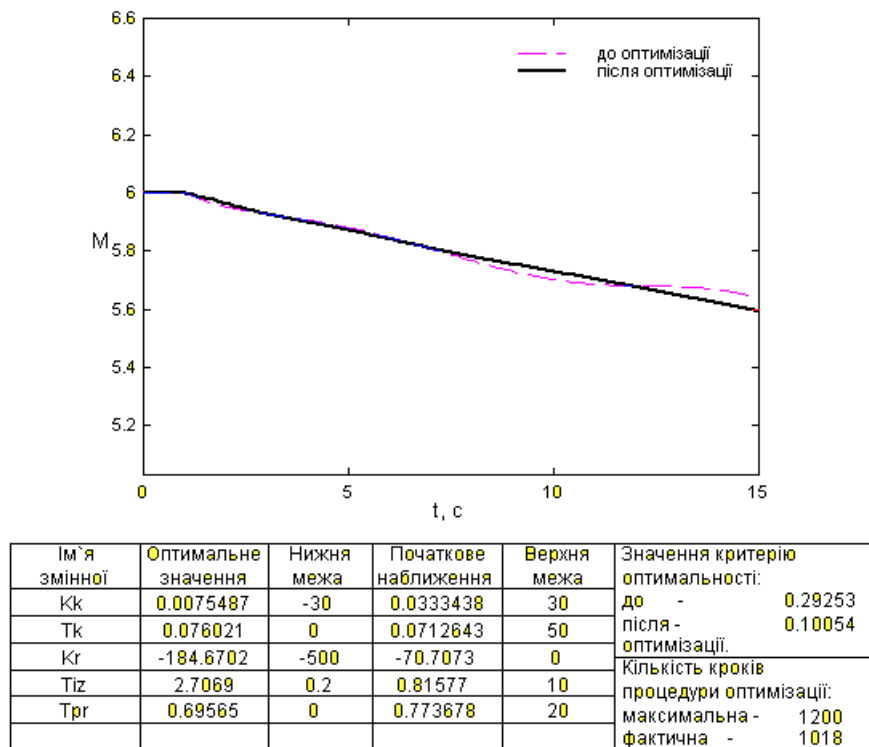


Рис 3.32 – Результати оптимізації САР підвищеної динамічної точності в умовах параметричної невизначеності параметрів ОК

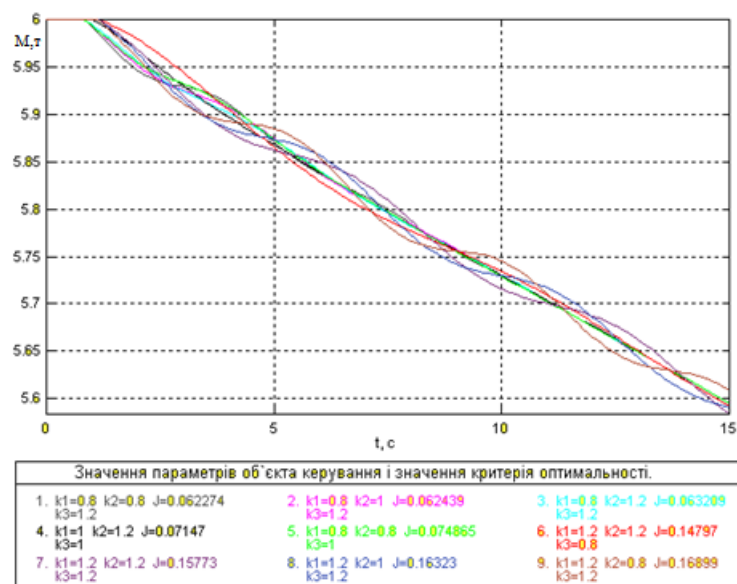


Рис 3.33 – Аналіз САР підвищеної динамічної точності на грубість

Як видно з результатів оцінки САР на грубість, в умовах варіації параметрів ОК САР дає перехідні процеси, що сходяться, а значить, САР є грубою.

Для порівняння якості роботи САР базової структури і САР підвищеної динамічної точності розроблено структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.34– 3.36. В якості САР базової структури розглядається САР з ПІД-регулятором (рис. 3.35). Результати порівняння наведені на рис. 3.37 і в таблиці 3.2.

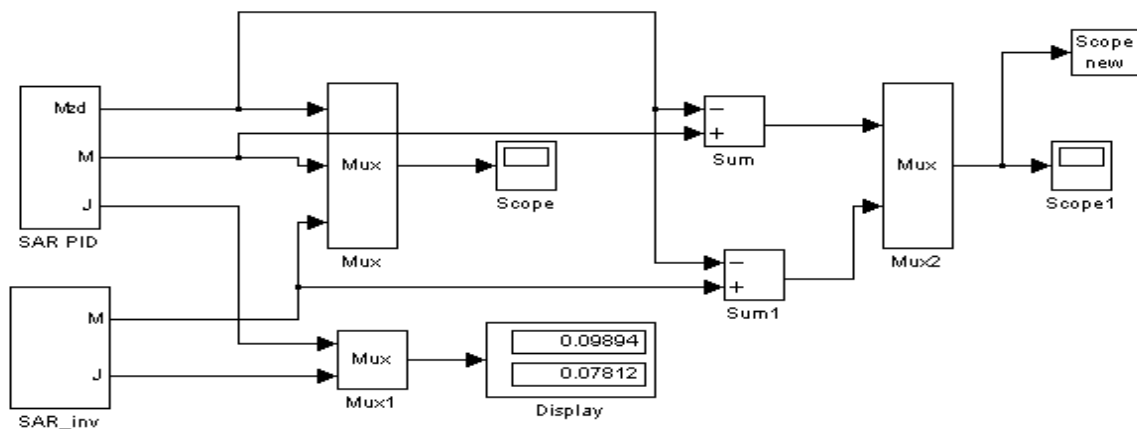


Рис. 3.34 – Структурна схема моделювання для порівняння якості роботи САР базової структури і САР підвищеної динамічної точності.

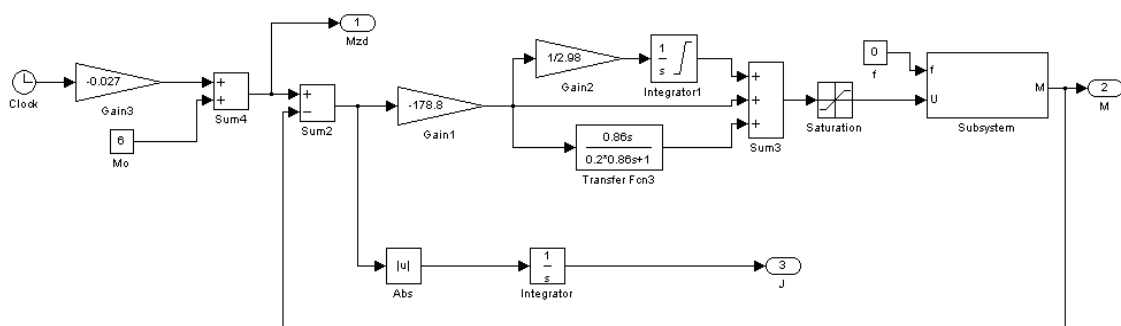


Рис. 3.35 – Структурна схема моделювання САР базової структури

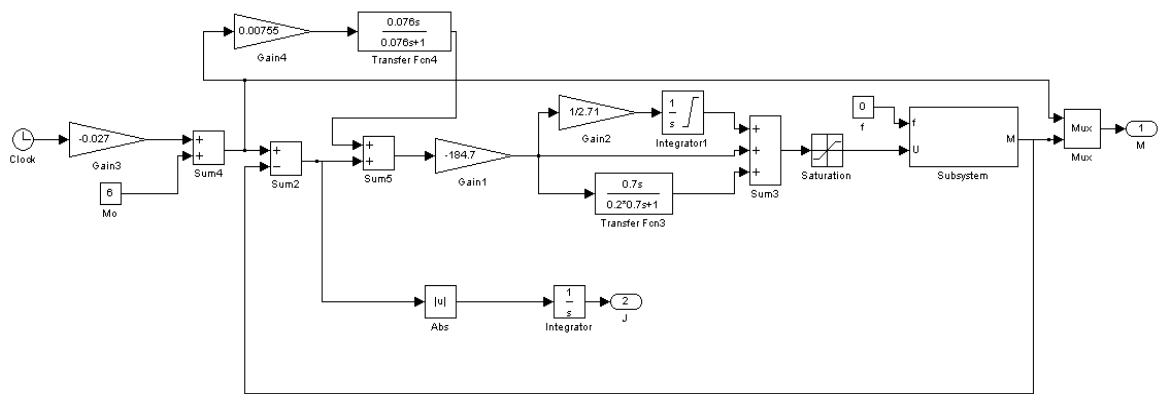


Рис. 3.36 – Структурна схема моделювання САР підвищеної динамічної точності.

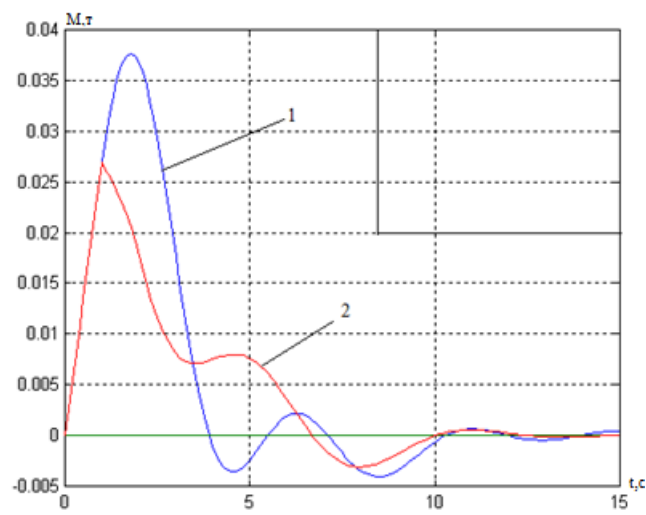
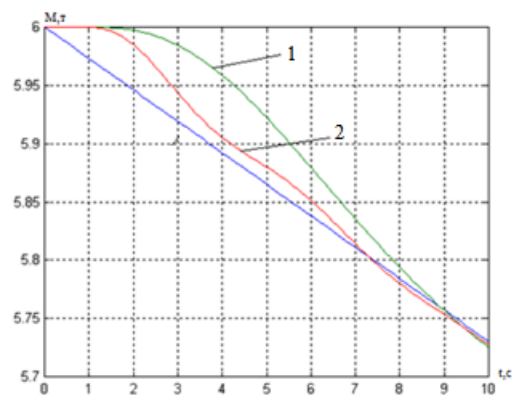


Рис. 3.37 – Результати порівняння якості роботи САР базової структури (1) і САР підвищеної динамічної точності (2)

Таблиця 3.2 – Результати порівняння варіантів САР

Алгоритм регулювання	Прямі показники якості		Критерій
	$\Delta M^{\text{МАКС}}$	Т _{пп} , с	
ПІД	0,0376	2,9	0,099
Інваріантна	0,027	1,83	0,078

3.4 Висновки за розділом

САР з ПІД-регулятором в перехідних режимах задовольняє гранично припустимим вимогам, а САР з ПІ-регулятором не задовольняє цим вимогам за максимальним динамічним відхиленням. САР базової структури в сталих режимах не виходить за рамки зони незначних відхилень.

Після проведення процедури оптимізації параметрів ПІ-регулятора коефіцієнт передачі зменшився на 104%, час ізодрому збільшився на 100%, інтегральний критерій зменшився на 24%. Після проведення процедури оптимізації параметрів ПІД-регулятора коефіцієнт передачі збільшився на 46%, час ізодрому зменшився на 1%, час упередження зменшився на 43%, інтегральний критерій зменшився на 45%.

Введення до алгоритму регулювання Д-складової призводить до зменшення інтегрального критерію на 58%.

САР підвищеної динамічної точності задовольняє гранично припустимим вимогам. Після підвищення динамічної точності САР інтегральний критерій зменшився на 21%, максимальне динамічне відхилення зменшилося на 28%, час перехідного процесу зменшився на 37%.

САР підвищеної динамічної точності є грубою.

Оскільки для САР підвищення динамічної точності дає суттєве покращення показників якості регулювання у порівнянні з САР базової структури, тому САР підвищеної динамічної точності використовувати доцільно.

РОЗДІЛ 4. КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ І РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

4.1 Пуск ділянки необхідно проводити за принципом "з кінця".

Для перевірки умов, необхідних для пуску, необхідно перевірити наявність робочого рівня продукту в приймальному бункері ваги та відсутність максимально допустимого рівня продукту в шлюзах корабля. Для забезпечення передпускової сигналізації потрібно увімкнути звуковий сигналізатор, витримати час T та вимкнути звуковий сигналізатор. Для забезпечення транспортування продукту необхідно увімкнути:

- 1) судновантажну машину СПМ
- 2) стрічковий конвеєр КЛ 1
- 3) сепаратор СП
- 4) скребковий конвеєр КС 4
- 5) норією КН 4
- 6) конвеєр КС 5
- 7) бункерні ваги ВБ 2

Після їх послідовного включення необхідно зробити відповідну витримку T для виведення їх на робочий режим. Для подачі продукту транспортування необхідно відкрити засувки.

Нормальну зупинку потоково-транспортної системи слід проводити за принципом «з початку».

Для припинення подачі продукту необхідно закрити засувки ПЗ 3, ПЗ 2, ПЗ 1. Для вироблення продукту, що потрапив з бункерних ваг ВБ 2 необхідно на скребковому конвеєрі КС 5 виконати витримку часу T_1 , а потім вимкнути привід M_1 скребкового конвеєра КС 5. T визначається шляхом поділу довжини транспортера на його швидкість. Зупинку роботи приводу M_2 у норії КН 4 слід виконати через витримку часу T_2 після вимкнення попередньої машини (конвеєра КС 5).

Аналогічні операції нормальної зупинки слід провести для скребкового конвеєра КС 4, сепаратора СП, стрічкового конвеєра КЛ 1 і, нарешті, судновантажної машини СПМ.

Аварійна зупинка починається із спрацьовування аварійної сигналізації. Машини (КН 4 , КС 4, СП, КЛ 1, СПМ), що знаходяться після аварійного обладнання (припустимо скребковий конвеєр КС 5), продовжують виконувати роботу до кінцевого маршруту (і згодом вимикаються з завершенням процесу транспортування), а машини у разі аварії на конвеєрі КС 5, а саме бункерні ваги ВБ 2, які влаштовані перед аварійним обладнанням, відключаються разом з їх засувками (ПЗ 3, ПЗ 2 , ПЗ 1).

Влаштування та робота ваг :

1. На тензометричні датчики, встановлені на балках, спирається своїми кронштейнами вантажний бункер і середній бункер.

2. Вантажоприймальний бункер має засувку, яка приводиться в рух пневмоприводом.

3. Зерно інтенсивним потоком надходить у бункер вантажоприймання. Тензометричні датчики виробляють електричний сигнал, пропорційний поточному значенню ваги зерна, що знаходиться в бункері вантажу. Цей сигнал перетворюється на аналого-цифровий перетворювач.

4. У разі досягнення заданого значення ваги система керування видає сигнал на закриття заслінки. Надходження продукту припиняється. Після заспокоєння вагової системи система управління реєструє фактичне значення ваги та видає команду на відкриття днища та вивантаження вантажоприймального бункера.

Після вивантаження вантажоприймального бункера (контролюється падінням ваги) засувка вантажоприймального бункера закривається і цикл зважування повторюється.

Автоматичний алгоритм

Від перемикача з шафи керування.

Від АСУ ТП елеватора.

1) Завантажувальна засувка (засувка верхнього бункера) відкривається та наповнює ваговий бункер до верхнього рівня (верхній рівень бункера зважування), щоб визначити розмір зважування.

2) Завантажувальна засувка (засувка верхнього бункера) закривається та записується вага бруто.

3) Відкривається засувка вивантаження (засувка бункера зважування) і продукт вивантажується в нижній бункер.

4) Вивантажувальна засувка (засувка бункера зважування) закривається та записується вага тари.

5) Вираховується та записується вага нетто. ("вага бруто" - "вага тари")

6) Цикли повторюються до тих пір, поки необхідна вага не буде досягнуто. У цей момент, оператор вирішує перейти до "наступного" зважування або "закінчити."

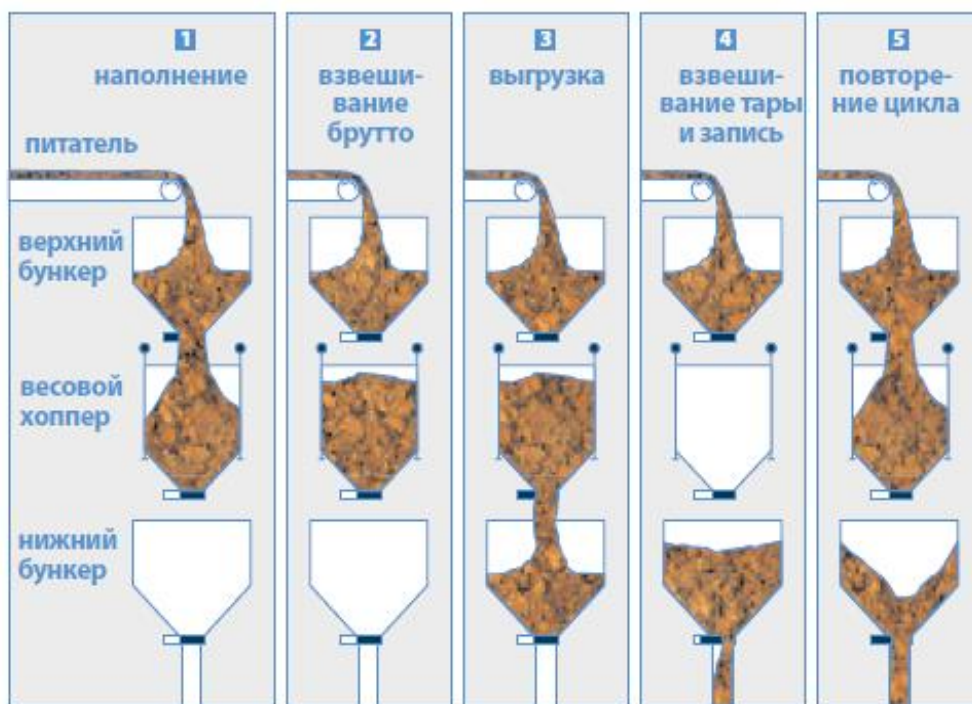


Рисунок 4.1 Режим відвантаження на замовлення

Рисунок 4.1. Вікно містить три елементи виведення графіків – для відображення у графічному вигляді значень продуктивності, ваги та швидкості.

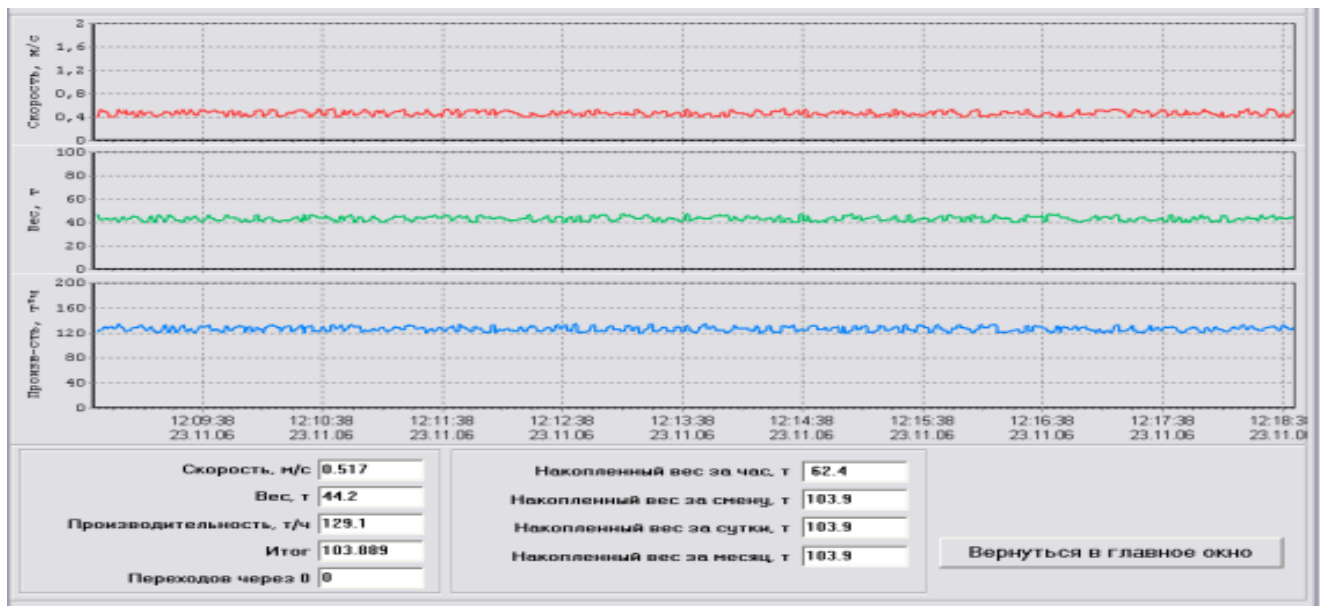


Рисунок 4.1. (закінчення) Режим відвантаження на замовлення

Режим паузи

- 1) Закриття засувки бункера зважування та верхнього бункера
- 2) Видача сигналу на зупинку конв.

Від АСУ ТП елеватора.

1) Завантажувальна засувка (засувка верхнього бункера) відкривається та наповнює ваговий бункер до верхнього рівня (верхній рівень бункера зважування), щоб визначити розмір зважування.

2) Завантажувальна засувка (засувка верхнього бункера) закривається та записується вага брутто.

3) Відкривається засувка вивантаження (засувка бункера зважування) і продукт вивантажується в нижній бункер.

4) Вивантажувальна засувка (засувка бункера зважування) закривається та записується вага тари.

5) Вираховується та записується вага нетто. ("вага брутто" - "вага тари")

6) Цикли повторюються до тих пір, поки оператор не зупинить процес відвантаження.

Рисунок 4.2. Вікно містить три елементи виведення графіків – для відображення у графічному вигляді значень продуктивності, ваги та швидкості.

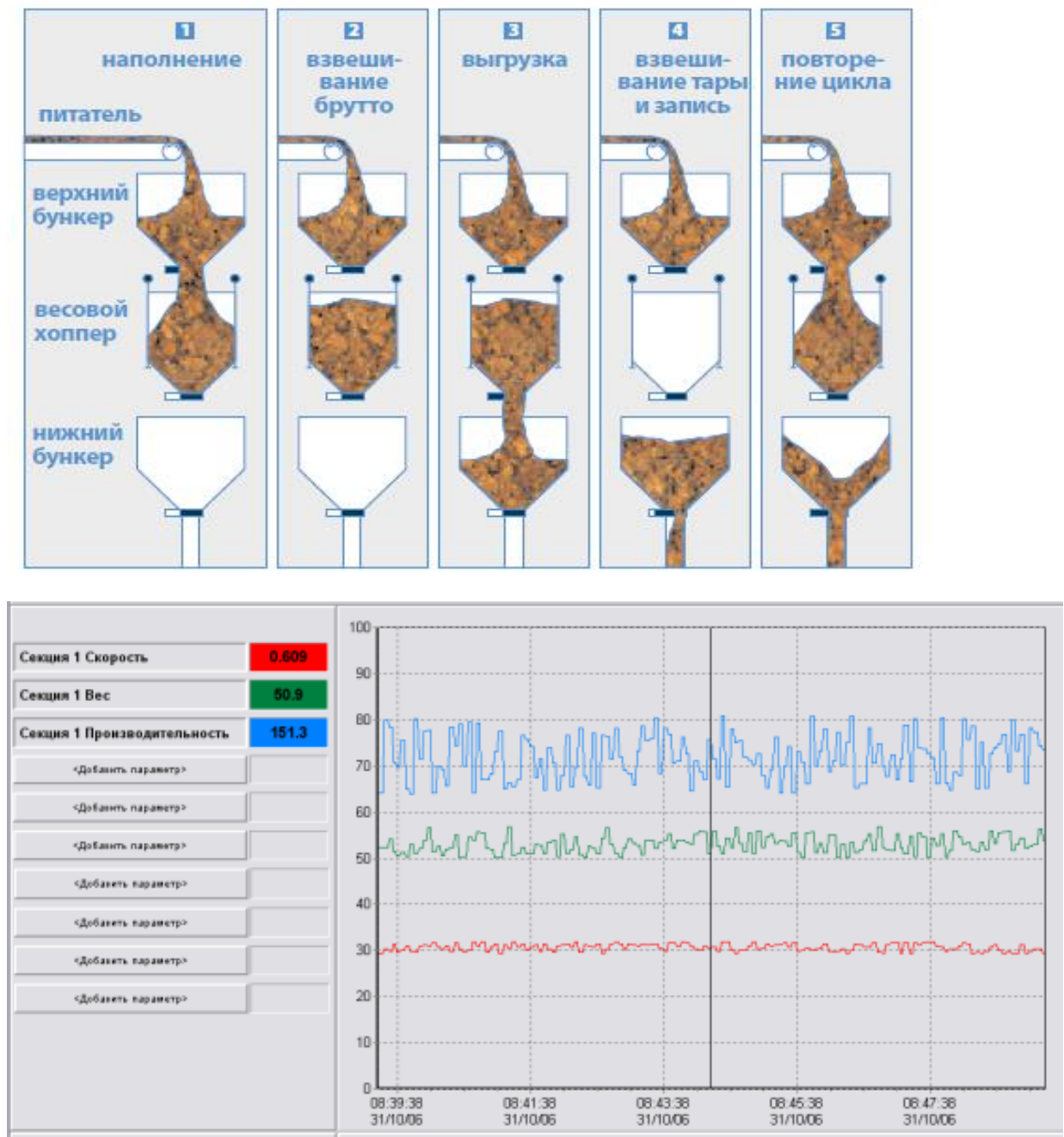


Рисунок 4.2 Режим відвантаження із заповнення судна.

Ручний

Від перемикача з шафи керування.

Ручний режим відвантаження

Від панелі оператора.

1) Завантажувальна засувка (засувка верхнього бункера) відкривається оператором у ручному режимі та наповнює ваговий бункер.

2) Завантажувальна засувка (засувка верхнього бункера) закривається оператором у ручному режимі та записується вага брутто.

3) Оператором в ручному режимі відкривається вивантажувальна засувка (засувка зважувального бункера) і продукт вивантажується в нижній бункер.

4) Вивантажувальна засувка оператором у ручному режимі (засувка бункера зважування) закривається та записується вага тари.

5) Вираховується та записується вага нетто. ("вага брутто" - "вага тари")

Управління засувками відбувається з пульта керування у ручному режимі.

Режим калібрування ваговимірювання

Від панелі оператора

1) Видати сигнал в АСУ ТП елеватора для зупинки конв.

2) Управління засувками відбувається з пульта керування у ручному режимі.

3) Передбачити можливість зняття блокувань.

4) Калібрування "0" при порожньому бункері без калібрувального вантажу.

5) Калібрування «Калібрувальним вантажем» при порожньому бункері та підвішеним калібрувальним вантажем.

Байпас. Від перемикача з шафи керування.

1) Відкриття засувки бункера зважування та верхнього бункера.

2) Процес відвантаження відбувається без зважування маси, що відвантажується.

Блокування

1) При перевищенні верхнього рівня верхнього бункера видати сигнал аварії в АСУ ТП елеватора для зупинки конв.

2) При перевищенні верхнього рівня нижнього бункера видати сигнал на закриття засувки бункера зважування та сигнал аварії в АСУ ТП елеватора для зупинки конв.

Вимоги безпеки

Ваги відповідають вимогам ГОСТ 12.2.003 та ГОСТ 12.2.007. Під час експлуатації ваг необхідно дотримуватись загальних галузевих правил безпеки для технічного персоналу, пов'язаного з обслуговуванням вагової та інформаційної техніки.

4.2 Блок схема алгоритму керування

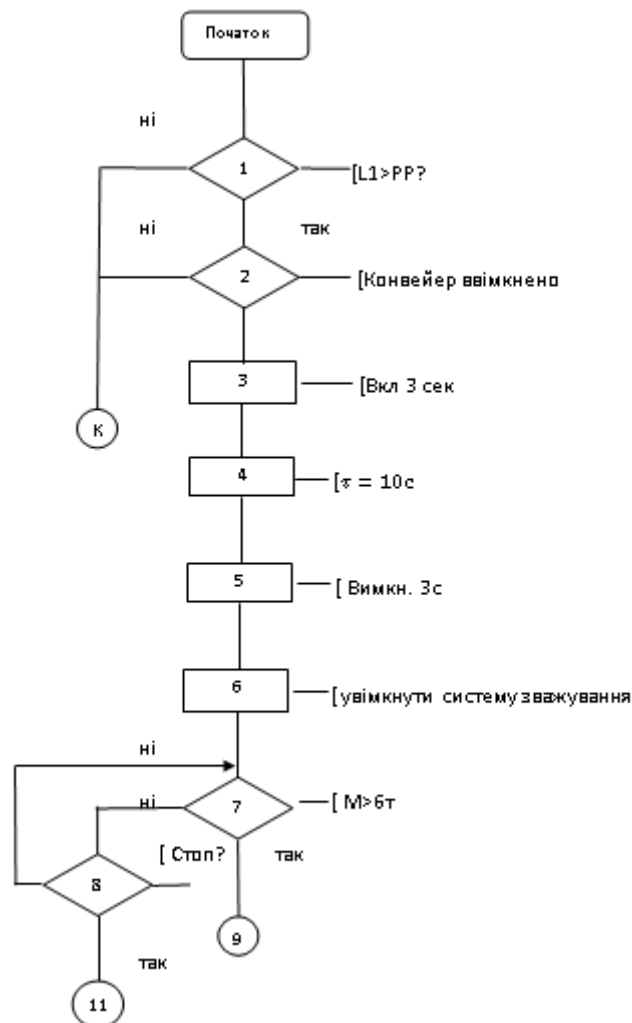


Рисунок 4.3 Блок схема алгоритму керування.

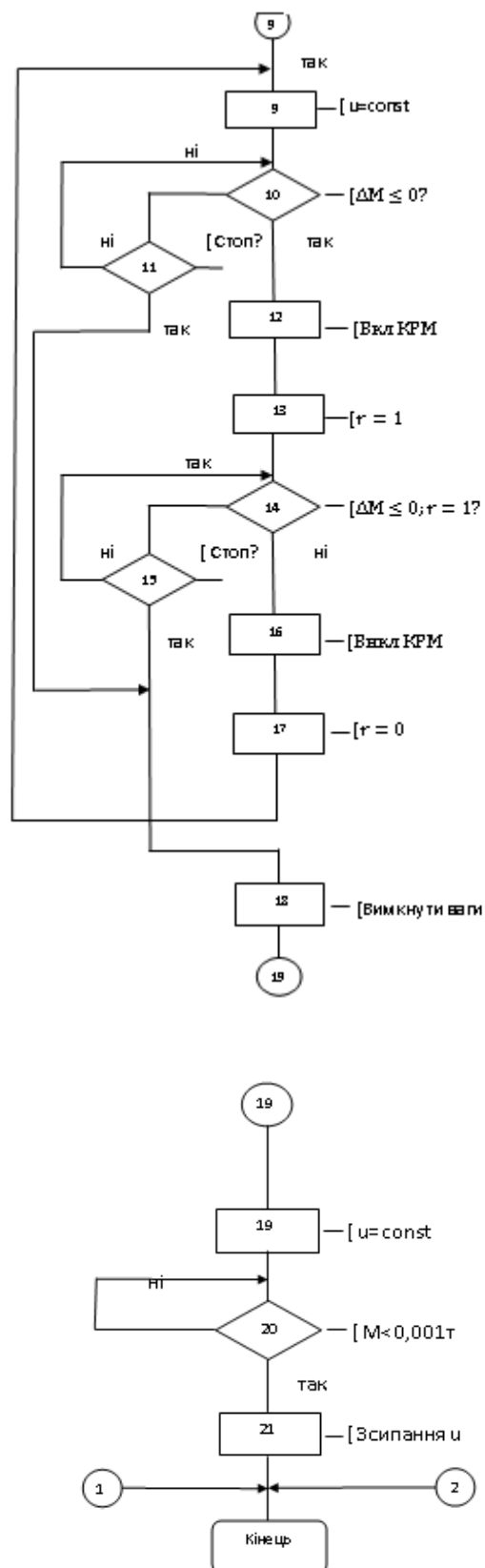


Рисунок 4.3 (закінчення) Блок схема алгоритму керування.

Опис блок схеми алгоритму керування

Для перевірки умов необхідних для пуску необхідно перевірити наявність зерна в прийомному бункері. Для забезпечення передпускової звукової сигналізації необхідно увімкнути її, витримати деякий час та вимкнути. Після цього увімкнути систему зважування. Випускаємо зерно при умові що маса більша від робочої маси (6т), якщо ні – чекаєм або виконуємо зупинку (стоп) , якщо так фіксуємо керуючу дію. Випускаємо зерно у ваговий бункер, умова як тільки ΔM менше нуля , якщо ні – чекаєм або виконується зупинка (стоп) , якщо так ввімкнемо контур регулювання маси і розпочнемо розвантаження зерна у підвісовий бункер.

Проконтролювати знову ΔM . Перевіремо умову $\Delta M < 0$ і чи виконується розвантаження . Якщо ні ми повинні вимкнути контур регулювання маси і виконати розвантаження, після чого зафіксувати керуючу дію. Якщо так - чекаємо або виконується зупинка (стоп), це означає що оператор зупиняє процес за вимогою (за бажанням) ,після цього , вимикаємо вагову систему і зафіксувавши керуючу дію. Якщо так висипати зерно, якщо ні перевірити умову $M < 0,001$ т. Далі закрити засувку (керуючу дію). Так виконана зупинка процесу.

4.3 Висновки за розділом

В результаті виконання розділу для даного технологічного процесу були складені регламент функціонування та алгоритм процесу витоку зерна з підвісового бункера. Можемо сказати про те, що алгоритм керування, який був розроблений, достатньо точно співпадає з реальним технологічним процесом.

РОЗДІЛ 5. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЗМІННИ ПРОЦЕСУ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ

5.1 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів та місць їх розміщення

Охарактеризуємо параметри приміщення, де буде експлуатуватися система керування:

Вимірювальні прилади та датчики необхідно вибирати, враховуючи специфіку навколишнього середовища .

АРМ оператора виноситься в окреме приміщення, в яке зводиться вся необхідна інформація про стан технологічних параметрів. В системі передбачена можливість місцевого та дистанційного керування технологічним обладнанням.

5.2. Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання

В ході технологічного процесу використовуються наступні технічні засоби:

Для виміру ваги вагового і витратного бункера застосований датчик ваги аналоговий тензодатчик колонного типу Keli ZSFY-SS діапазон 0-10т

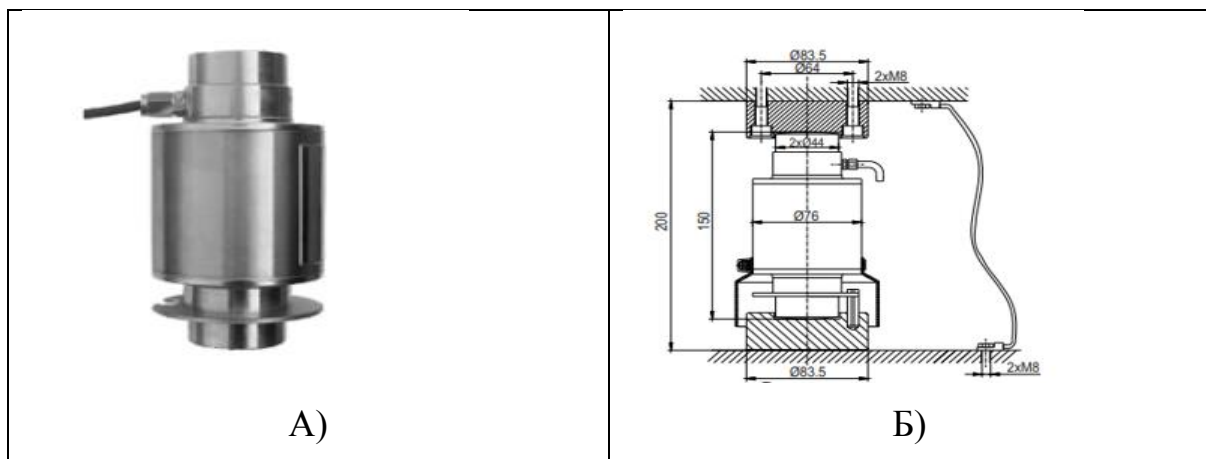


Рис 5.1 аналоговий тензодатчик колонного типу Keli ZSFY-SS

А)Зовнішній вигляд; Б) габаритні розміри

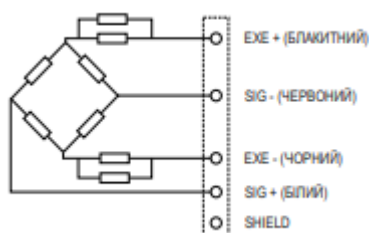


Рис 5.2 Схема електричних з'єднань Keli ZSFY-SS

Аналоговий тензодатчик колонного типу Keli ZSFY-SS 10t — 30t. Застосовується для автомобільних, залізничних, бункерних ваг.

Технічні параметри

Максимальне навантаження	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50т	Діапазон термокомпенсації	-10~+40°C
Клас точності	C3	Діапазон робочих температур	-30~+70°C
Чутливість	2.0±0.002 мВ/В	Гранично допустиме безпечне навантаження	150% НПВ
Загальна похибка	±0.03% НПВ	Руйнівне навантаження	250% НПВ
Гістерезис	±0.03% НПВ	Рекомендована напруга живлення	10~12 В (DC)
Повзучість (30 хв.)	±0.02% НПВ	Максимальна напруга	15 В (DC)
Температура відхилення чутливості	±0.02%НПВ/10°C	Клас захисту	IP68
Температура відхилення нуля	±0.02%НПВ/10°C	Матеріал	Легована сталь/ Нержавіюча сталь
Вхідний опір	400±20Ω(ZSF)/700±20Ω(ZSFY)	Довжина кабелю	8-16м
Вихідний опір	352±3Ω(ZSF)/706±7Ω(ZSFY)		
Опір ізоляції	≥5000 MΩ		

Рис 5.3 Технічні параметри Keli ZSFY-SS

Тензодатчик зроблений із нержавкої сталі, що забезпечує довготривалу експлуатацію навіть в агресивному середовищі. Сучасна система захисту IP68 запобігає проникненню вологи та пилу, а це зумовлюється повною герметизацією всієї конструкції тензодатчика. До комплектації входить екранований морозо-жаростійкий кабель із домішками, не придатними для їжі гризунам. Високий температурний діапазон тензодатчика -30 °С +70 °С передбачений для використання у важких кліматичних умовах.

Для перетворення опору датчика в уніфікований сигнал 4-20мА вибраний пристрій перетворювач сигналу тензодатчика КМ02Н1 (4-20 мА)



Рис 5.4 Перетворювач сигналу тензодатчика КМ02Н1 (4-20 мА)

Перетворювач сигналу забезпечує безпосереднє підключення тензорезисторним мостовим датчиком без додаткового сполучення за стандартною 4-ох дротової схеми.

Складається зі спеціалізованого перетворювача та високостабільних резисторів із низьким впливом на них температури. Що забезпечує високу лінійність роботи приладу та температурну стабільність.

Технічні характеристики:

Рекомендована чутливість	От 1 до 2 мВ/В
Мінімальний сигнал для калібрування	1 мВ/В
Кількість ліній для під'єднання тензодатчика	1 (350 Ом)
Нелінійність, % від шкали вимірювання	≤0,5
Напруга живлення тензодатчика, В	12
Максимальний струм навантаження на лінії під'єднання тензодатчика, не більш ніж	50
Потенціальний вихід, В	4...20
Напруга живлення постійного струму	15-24 В, 100 мА
Ступінь захисту корпусу	IP65
Габаритні розміри, мм	64x58x35

Рис 5.5 Технічні характеристики КМ02Н1 (4-20 мА)

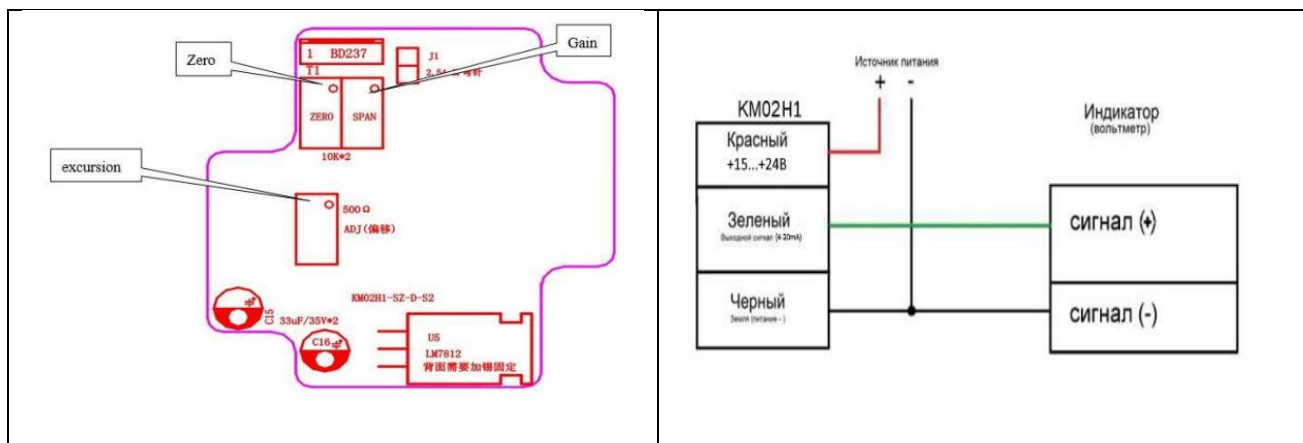


Рис 5.6 Схема підключення KM02H1 до пристрою

Перетворювач сигналу тензодатчика KM02H1 (4-20 мА)

Перетворювачі сигналу тензодатчика призначені для перетворення стандартних сигналів із тензодатчиків на уніфіковані сигнали за струмом. Перетворювачі є додатковим обладнанням і застосовуються в складі різних електронних ваговитих систем.

Вирізняється високою точністю, стабільністю роботи та простотою експлуатації.

Датчик кінцевого положення засувки підвісового бункера APL-210N/MBP100

 А)	<table border="1"> <tr> <td>Робоча температура</td><td>від -20°C до +80°C</td></tr> <tr> <td>Кабельне введення</td><td>M20x1.5 - 2 шт.</td></tr> <tr> <td>Матеріал</td><td>корпус - алюміній, порошкове фарбування</td></tr> <tr> <td>Клас захисту</td><td>IP67</td></tr> <tr> <td>Датчики положення</td><td>2 кінцевих вимикача або 2 індуктивних вимикача (Напряг Exd)</td></tr> </table> Б)	Робоча температура	від -20°C до +80°C	Кабельне введення	M20x1.5 - 2 шт.	Матеріал	корпус - алюміній, порошкове фарбування	Клас захисту	IP67	Датчики положення	2 кінцевих вимикача або 2 індуктивних вимикача (Напряг Exd)
Робоча температура	від -20°C до +80°C										
Кабельне введення	M20x1.5 - 2 шт.										
Матеріал	корпус - алюміній, порошкове фарбування										
Клас захисту	IP67										
Датчики положення	2 кінцевих вимикача або 2 індуктивних вимикача (Напряг Exd)										

Рис 5.7 Датчик кінцевого положення APL-210N/MBP100

А) Зовнішній вигляд ; Б) Технічні характеристики

Призначений для індикації положення. Встановлюється на поворотні пневматичні приводи з кутом обертання 90°. Тип вимикачів - механічні 250V AC 3A або індуктивні 8V DC Клас захисту - IP67/IP68 Опції - вибухозахист згідно АTEX Exd IIC.

РОЗМІРИ

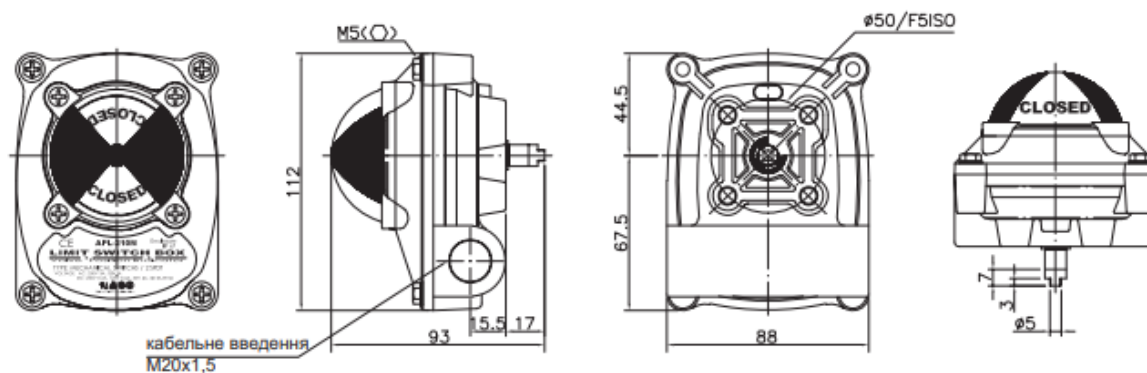


Рис 5.8 Габаритні розміри APL-210N/MBP100

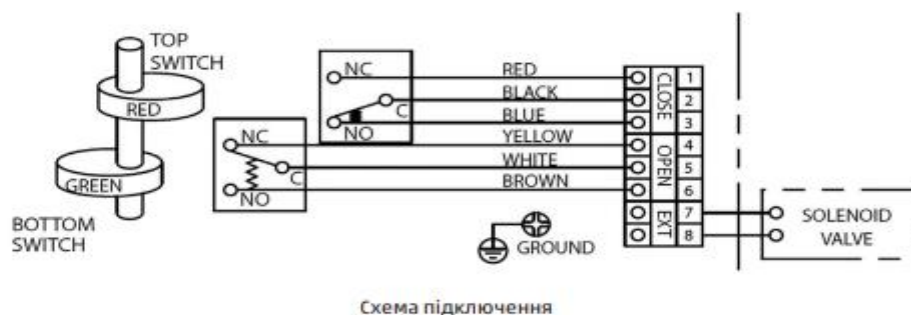


Рис. 5.9 Схема підключення APL-210N/MBP100

Мод.®	Приєднання до привода	Тип датчика	Вага, кг
APL-210N/MBP100	30 мм x 80 мм, висота 20 мм	2 кінцевих вимикача 250 V AC 3 A	0,66

MBP100 застосовується для приводів розміром від DAN0015 до DAN0120; SR45; від AP01 до AP04 (включно)

Для сигналізації рівня зерна в бункерах вибраний пристрій вібраційний датчик (сигналізатор) кордонного рівня сипучих матеріалів типу ДПУ-10



Рис.5.10 Датчик (сигналізатор) кордонного рівня сипучих матеріалів типу ДПУ-10

Датчик типу ДПУ призначений для контролю граничного рівня сипучих продуктів у ємності.

Температура контролюваного матеріалу	від -40°C до +60°C
Робочий тиск	1 атм.
Робочий температурний діапазон	від -40°C до +85°C
Вага	до 2,5кг
Матеріал резонатора датчика	нержавіюча сталь
Матеріал корпусу контролера	Сталь з антикорозійним покриттям
Кліматичне виконання згідно з ГОСТ 15150-69	УХЛ 1.1
Ступінь захисту згідно з ГОСТ 14254-80	IP 65
Клас за способом захисту від ураження електричним струмом	I
Живлення	U жив DC =100-240В, / U жив DC =24В±10%, I спож=60мА
Комутоване навантаження	I тох=8А, U тох AC=250В, U тох DC=24В
Режим спрацьовування (верхня або нижня межа)	перемикач на платі: включений – верхній рівень; вимкнено – нижній рівень.
Сигналізація спрацьовування	увімкнення світлодіода на платі, замикання контактів реле.
Час спрацьовування	2-3сек

Рис 5.11 Технічні характеристики ДПУ-10

Датчик типу ДПУ призначений для контролю граничного рівня сипучих продуктів у ємності. Датчик типу ДПУ призначений для контролю граничного рівня сипучих продуктів у ємності.

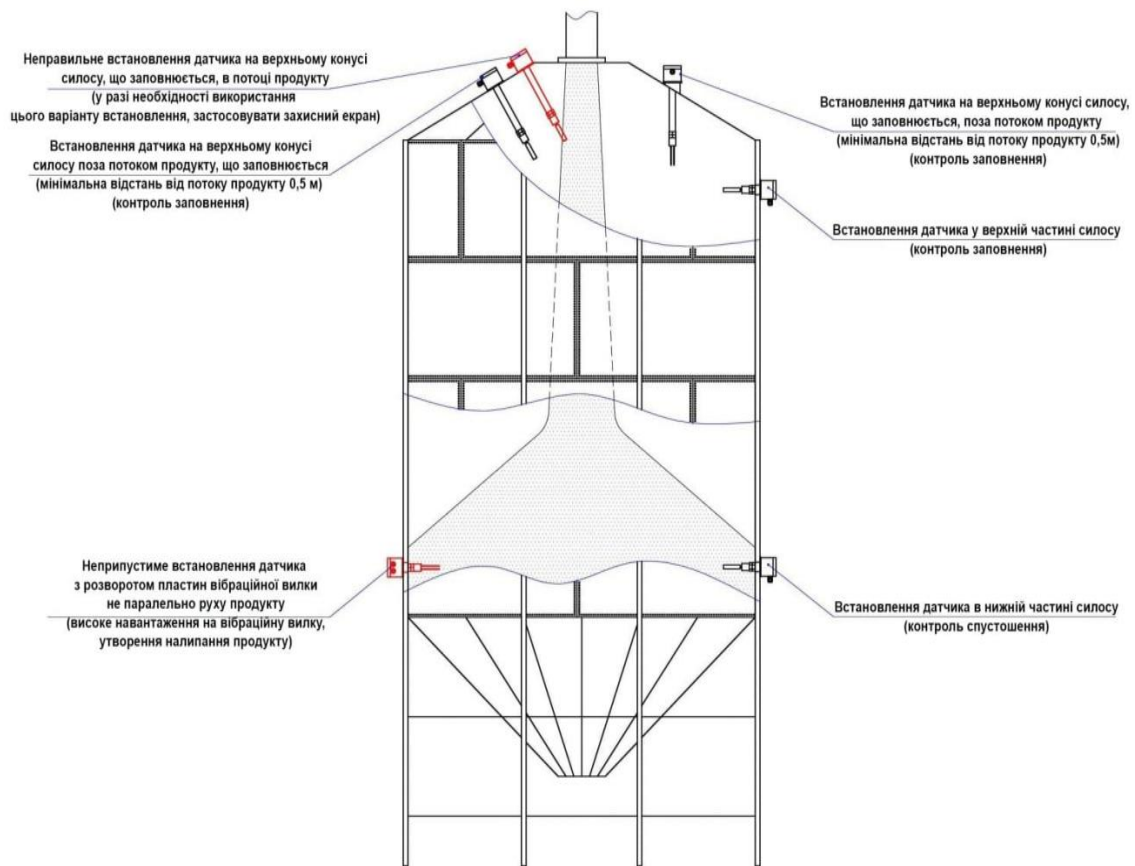


Рис 5.12 Схема приклад монтажу ДПУ-10

Датчик встановлюється на корпусі ємності за висотою контрольованого рівня. При цьому пластини вібраційної вилки повинні розташовуватися паралельно до руху продукту. При необхідності відстеження рівня на певному відстані від верхньої частини ємності використовується підовжувач робочої частини корпусу датчика.

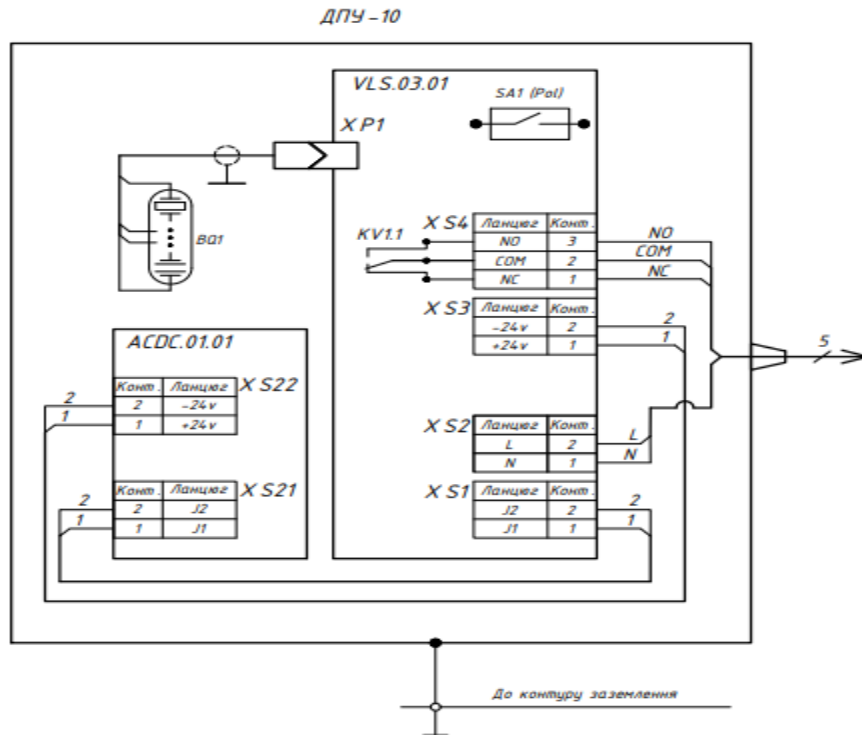


Рис 5.13 Схема підключення датчика граничного рівня ДПУ -10, U жив = 220V AC

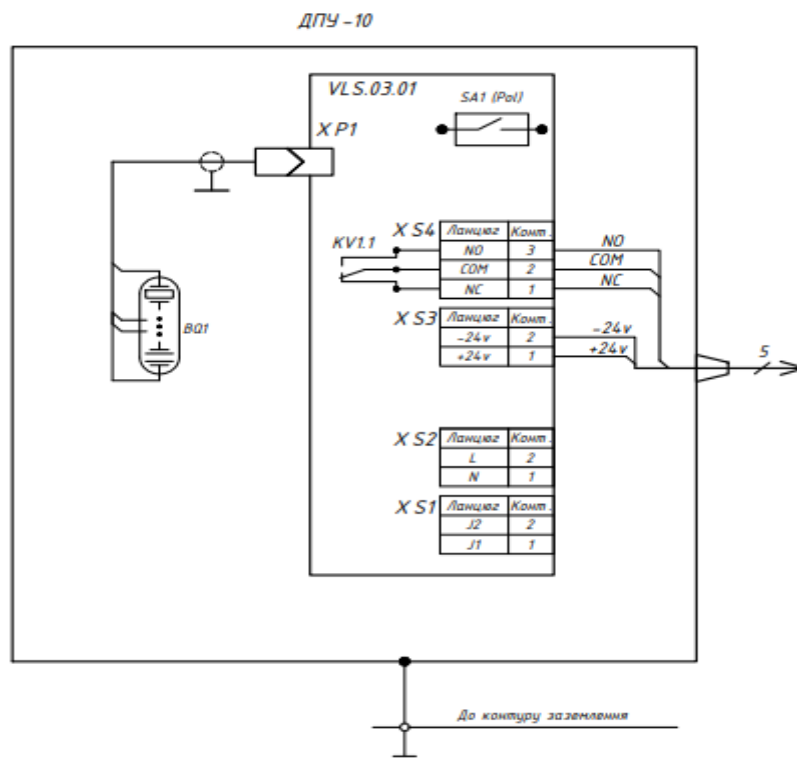


Рис 5.14 Схема підключення датчика граничного рівня ДПУ -10, U жив = 24V DC

Вибір технічних засобів для реалізації керуючих впливів технологічного процесу

Механізм виконавчий пневматичний для переміщення засувок підвісового бункера МПП-П



Рис 5.15 Механізм виконавчий пневматичний МПП-П

Призначені для переміщення регулюючих та запірно-регулюючих органів у системах автоматичного та дистанційного управління.

Кліматичні умови

МПП-П: температура від -30 до $+50^{\circ}\text{C}$, відносна вологість 95% при температурі 35°C ;

Технічні характеристики МПП-П – з пневматичним аналоговим вхідним сигналом:

Робоче середовище: Стиснене повітря

Умовний хід (типорозмір), мм: 100*,200,320,400*

Тиск живлення:

- максимальне - 1,0 МПа

- мінімальне - 0,4 МПа

Вхідний сигнал: від 0,02 до 0,1 МПа

Розмір витрати повітря при нерухомому штоку: 1,2 м³/год (при тиску живлення 0,6 МПа)

Швидкість переміщення штока за відсутності навантаження: 0,08м/с (при тиску живлення 0,6 МПа)

Максимальні зусилля, що розвиваються при тиску 1 МПа:

- Що штовхає - 12,3 кН; 20,1 кН *

Маса механізму, кг: від 15,2 до 31,5 (залежно від модифікації та величини ходу штока).

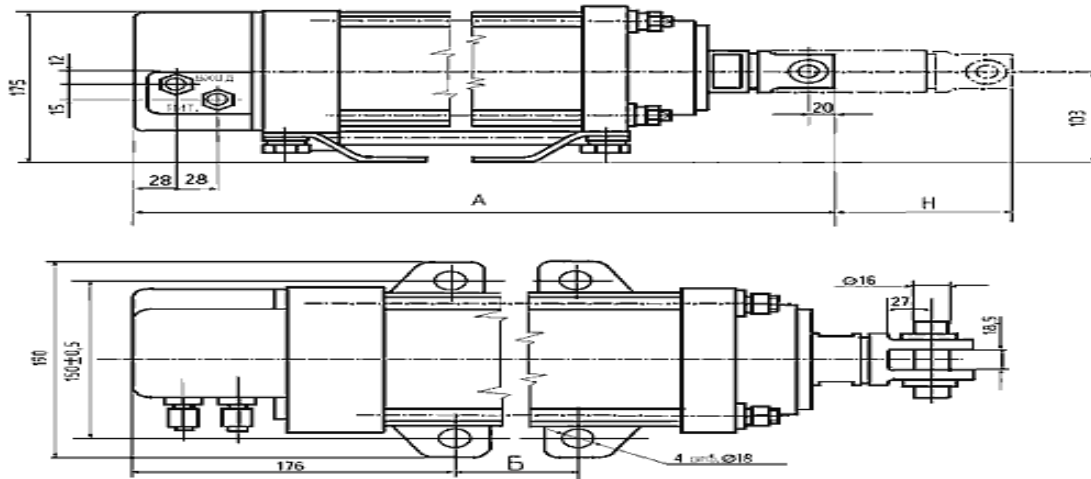


Рис 5.16 Виконавчий пневматичний механізм з габаритними і приєднувальними розмірами.

Перетворювач керуючого сигналу від контролеру до пневматичного виконавчого механізму ЕП-3324 Електропневматичний



Рис 5.17 ЕП-3324 електропневматичний перетворювач

ЕП-3324 електропневматичний перетворювач призначений для перетворення уніфікованого безперервного сигналу постійного струму в уніфікований пропорційний пневматичний безперервний сигнал.

Перетворювач ЕП-3324, де:

ЕП – електропневматичний.

3 - вхідний сигнал від 4 до 20 мА.

3 – клас точності 1,0.

2 - пиловодозахищене виконання за стійкістю до навколишнього середовища.

4 – кліматичне виконання У1.

Технічні характеристики ЕП-3324:

Вхідний сигнал – від 4 мА до 20 мА.

Номінальний тиск повітря живлення – 140 кПа.

Основна похибка – 1%.

Клас точності – 1,0.

Витрата повітря харчування – не більше 2 л/хв.

Витрата повітря харчування на виході – не менше 30 л/хв.

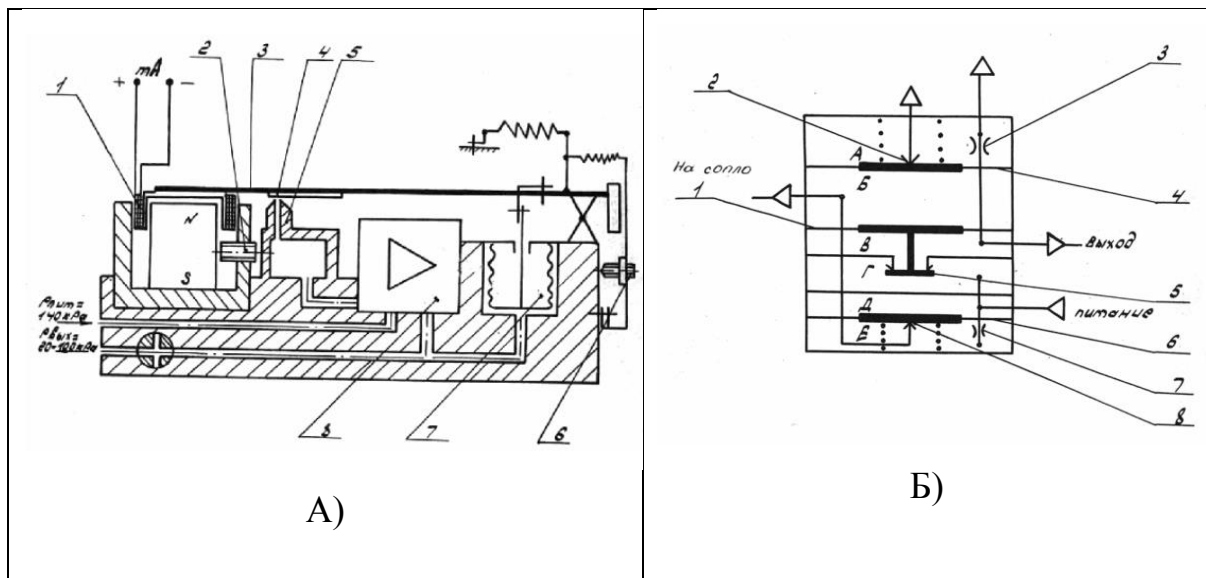


Рис 5.18 Електропневматичний перетворювач ЕП-3324

А) Принципова схема перетворювача ; Б) Принципова схема реле

А4Е – глухі та проточні камери;

1; 4; 6 – мембрани;

2; 8 – сопла;

5 – клапан набору вихідного тиску;

3-7 - нерегульовані опори (дроселі)

Вхідний опір виробів перетворювачі ЕП-3324 при температурі від +20 ° С до +25 ° С для вхідного сигналу - не більше 130 Ом.

Вихідний пневматичний аналоговий сигнал – від 20 кПа до 100 кПа.

Клас забрудненості повітря харчування – 1; 3.

Середній термін служби – не менше 10 років.

Приєднувальний розмір ЕП-3324 – М12×1 мм.

Габаритні розміри – 165×105×100 мм.

Маса – не більше 1 кг.

Для підготовки повітря живлення можна використати фільтр-стабілізатор тиску повітря ФСДВ.

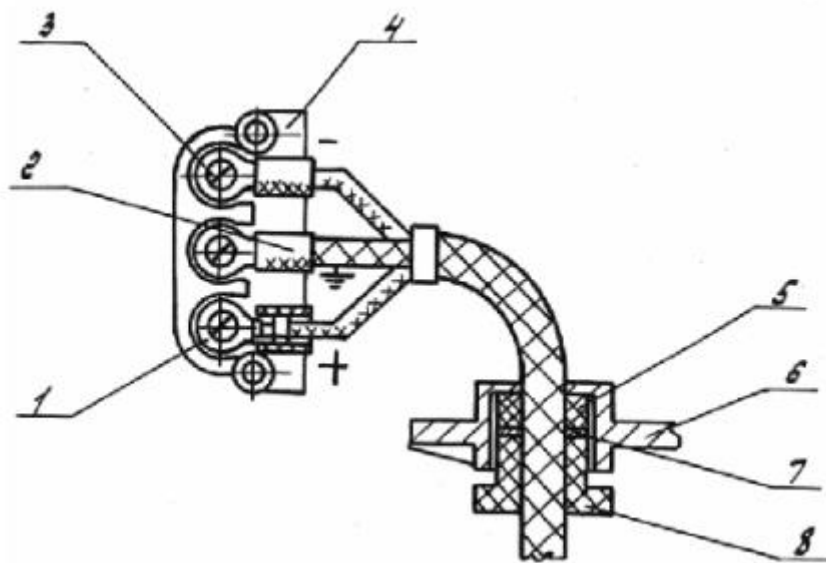


Рис 5.19 Монтаж сполучних проводів

1 – наконечник; 2 – хлорвінілова трубка; 3 – гвинт; 4 – колодка;

5 – кільце ущільнювача; 6 -кришка; 7 – шайба; 8 – штуцер.

Умови експлуатації ЕП-3324:

Температура навколишнього повітря - від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+60^{\circ}\text{C}$.

Виконання:

- за стійкістю до навколишнього середовища - пиловодозахищене;
- оболонки корпусу – IP54;
- кліматичне - У1.

Пристрій плавного пуску CARLO GAVAZZI RSGD4045E0VX20 22 кВт електроприводу конвеєра



Рис 5.22 Пристрій плавного пуску CARLO GAVAZZI RSGD4045E0VX20 22 кВт

Пристрій плавного запуску фірми Carlo Gavazzi – це найкращий вибір для роботи з трифазними двигунами. Модель Carlo Gavazzi RSGD4045E0VX20 22 кВт збільшить термін служби двигуна завдяки тому, що пристрій забезпечує планомірне збільшення струму при запуску та поступове зменшення його подачі до двигуна під час зупинки.

Таким чином, можна не тільки збільшити термін служби обладнання, а й уникнути деяких поломок.

Можлива робота у двох потужностях із звичайним навантаженням та підвищеним. Пристрій плавного пуску регулює імпульси та перепади напруги, завдяки цьому двигуни підключені до нього не постраждають від перепадів напруги та перевантаження.

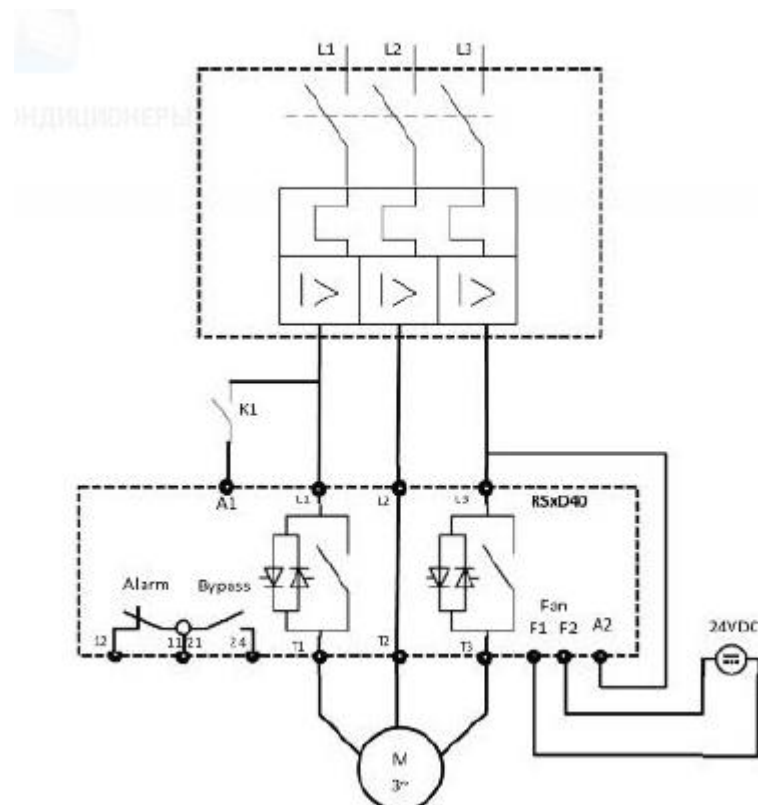


Рис 5.23 Схема підключення пристрою плавного пуску CARLO GAVAZZI RSGD4045E0VX20 22 кВт

Лицьова панель пристрою для плавного запуску обладнана зручною панеллю. Завдяки панелі можна налаштувати контроль постійного струму. Усі налаштування можна виконувати відразу після приєднання пристрою до двигуна та підключення приладів до мережі електричного струму. Завдяки спеціальній системі захисту при виникненні аварійних ситуацій пристрій зупиняє роботу всього механізму. Потужність такого пристрою становить лише 280 кВт.

Класс нагрузки	Нормальный
Силовые полупроводники	1 упр. фазы
Ток, А	45
Мощность, кВт	22
Серия	RSGD
Габариты, ВxШxГ мм	132x45x154
Масса, кг	0.475

Рис 5.24 Технічні параметри пристрою плавного пуску CARLO GAVAZZI RSGD4045E0VX20 22 кВт

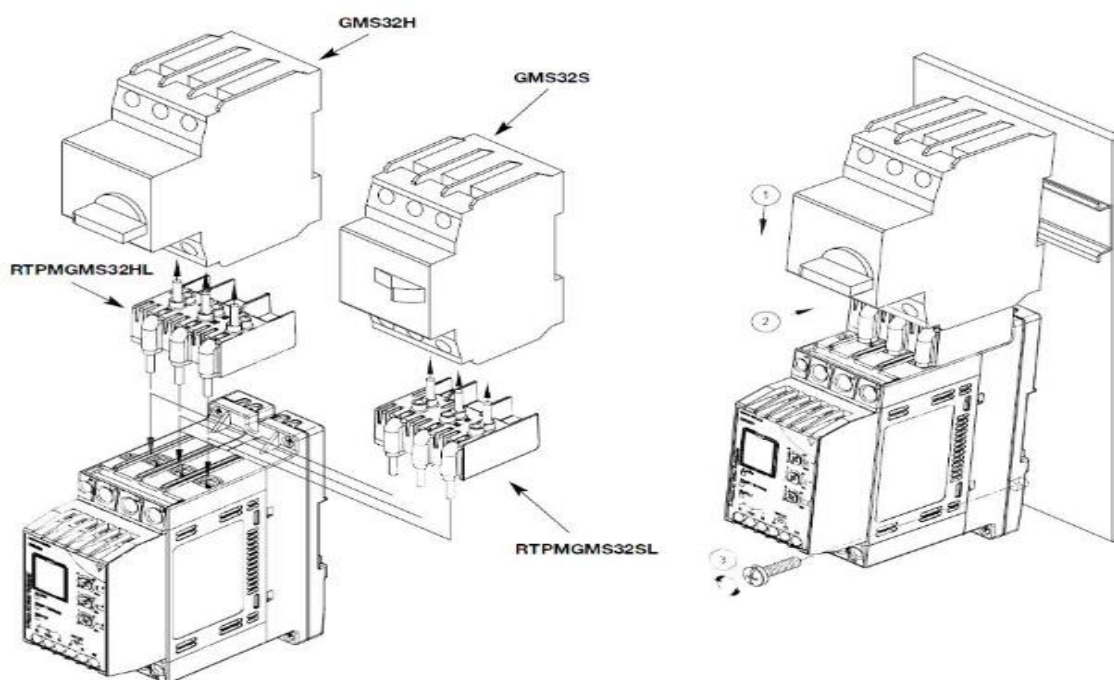


Рис 5.25 Монтаж пристрою плавного пуску

Простота монтажу пристрою плавного пуску дозволяє закріпити його за допомогою звичайної фіксуючої рейки. Невеликі габарити дозволяють розміщувати його навіть у важкодоступних місцях та невеликих приміщеннях.

5.3 Висновки за розділом

В даному розділі був проведений вибір технічних засобів, які зможуть забезпечити належне та якісне керування процесом витоку зерна з підвісового бункера. Класи точності, ступінь захисту та ступінь вибухозахисту пристроїв відповідають виробничим умовам технологічного процесу.

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ, ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ САУ

6.1. Аналіз вхідних і вихідних сигналів і вибір топології побудови системи

Виконав аналіз технологічної схеми та функцій які повинна реалізовувати система керування складемо таблицю (табл. 6.1) зі списком параметрів які повинні вводитись і виводитись з контролера.

Таблиця 6.1. Список параметрів які вводяться і виводяться із контролера

№ пп	Назва параметра	Умовне позначен ня	Вид сигнал у A/D	Тип сигнал у I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контролера	Позна чення на схемі
1	Маса вагового бункера	W_b1	A	I	(0-20 мА)	AI1
2	Маса витратного бункера	W_b2	A	I	(0-20 мА)	AI2
3	Положення засувки витратного бункера	GE1	A	I	(0-20 мА)	AI3
4	Керуюча дія ступінь відкриття засувки витратного бункера	U_1	A	O	(0-20 мА)	AO1

Таблиця 6.1. (продовження) Список параметрів які вводяться і виводяться із контролера.

5	Сигнал датчика контролю верхнього рівня зерна у приймальному бункері	L_z1	D	I	24 V DC	DI1
6	Сигнал датчика контролю верхнього рівня зерна у витратному бункері	L_z2	D	I	24 V DC	DI2
7	Сигнал датчика контролю тиску повітря у пневмережі	P_v1	D	I	24 V DC	DI3
8	Сигнал датчика контролю закриття засувки у приймальному бункері	GSpb1	D	I	24 V DC	DI4
9	Сигнал датчика контролю відкриття засувки у приймальному бункері	GSpb2	D	I	24 V DC	DI5
10	Сигнал датчика контролю закриття засувки у ваговому бункері	GSvb1	D	I	24 V DC	DI6

Таблиця 6.1. (продовження) Список параметрів які вводяться і виводяться із контролера.

11	Сигнал датчика контролю відкриття засувки у ваговому бункері	GSvb2	D	I	24 V DC	DI7
12	Сигнал керування засувкою ПЗ_1 вагового бункера	Z1_C	D	O	«відкритий колектор»	DO1
13	Сигнал керування засувкою ПЗ_2 витратного бункера	Z2_C	D	O	«відкритий колектор»	DO2
14	Сигнал керування двигуном транспортера M1	M1_C	D	O	«відкритий колектор»	DO3
15	Сигнал с дод. контакта пускача двигуна M1	M1_KM	D	I	24 V DC	DI8
16	Сигнал керування двигуном норії M2	M2_C	D	O	«відкритий колектор»	DO4
17	Сигнал с дод. контакта пускача двигуна M2	M2_KM	D	I	«сухий контакт»	DI9
18	Сигнал керування двигуном транспортера M3	M3_C	D	O	«відкритий колектор»	DO5
19	Сигнал с дод. контакта пускача двигуна M3	M3_KM	D	I	24 V DC	DI10

Таблиця 6.1. (закінчення) Список параметрів які вводяться і виводяться із контролера.

20	Сигнал керування двигуном сепаратора М4	M4_C	D	O	«відкритий колектор»	DO6
21	Сигнал с дод. контакта пускача двигуна М4	M4_KM	D	I	24 V DC	DI11
22	Сигнал керування двигуном транспортера М5	M5_C	D	O	«відкритий колектор»	DO7
23	Сигнал с дод. контакта пускача двигуна М5	M5_KM	D	I	24 V DC	DI12
24	Сигнал управління звук. сигнал.	HA	D	O	«відкритий колектор»	DO8
25	Сигнал кнопки авт. пуску	SB_pusk	D	I	«сухий контакт»	DI13
26	Сигнал кнопки авт. зупинки	SB_stop	D	I	«сухий контакт»	DI14

Кількість каналів вводу\виводу: AI – 3 , AO – 1, DI – 14, DO - 8

6.2. Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування.

Технічну структуру системи управління розробимо на базі розподіленої системи WAGO I/O.

Для реалізації алгоритмів керування в модулях ПЗО контролера повинні бути передбачені 3- аналогових входи, 1-аналоговий вихід, 14- дискретних входів і 8-дискретних виходів.

Виходячи із сформованої таблиці 6.1, для реалізації алгоритмів управління скористаємося контролером WAGO 750-881 з модулями ПЗО: AI WAGO 750-453, AO WAGO 750-555, DI WAGO 750-430, DO WAGO 750-530.

Центральний процесор WAGO 750-881 характеризується наступними показниками: 32-бітний мікропроцесор, програмна сумісність з WAGO-I/O-PRO V2.3 (based on CODESYS V2.3), годинник реального часу, вбудований носій інформації об'ємом 512 Мбайт, інтегрований Web-інтерфейс.

Загальний вид контролера та схема його підключення наведені на рис.6.1.

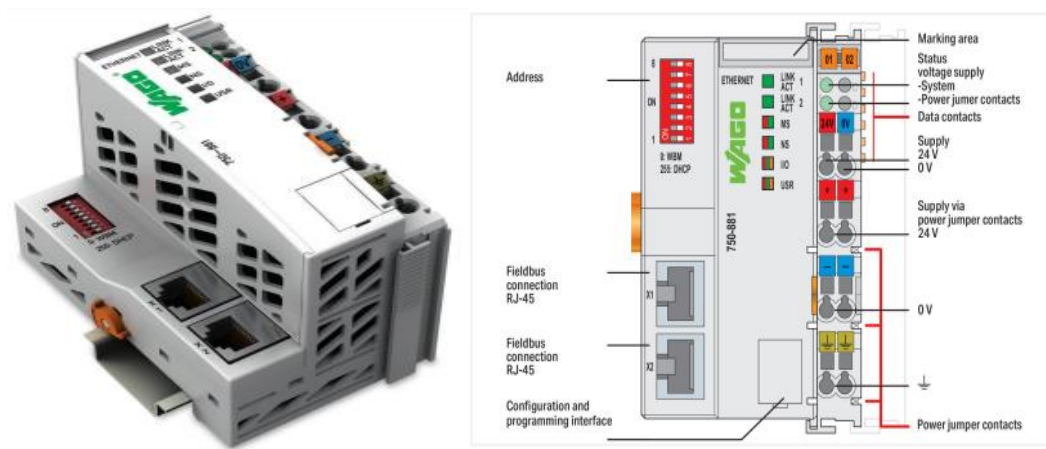


Рис. 6.1 – Контролер WAGO 750-881 – зовнішній вигляд.

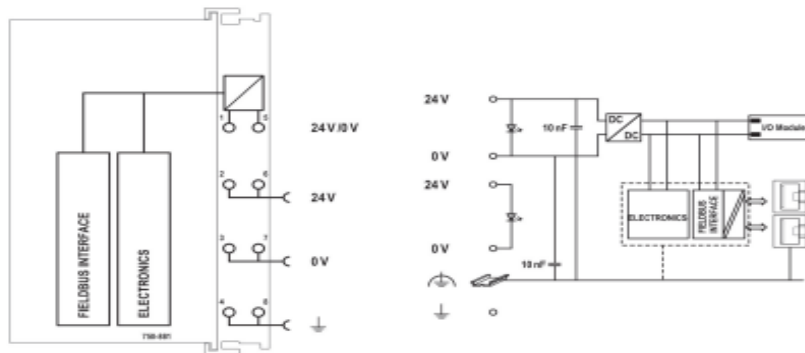
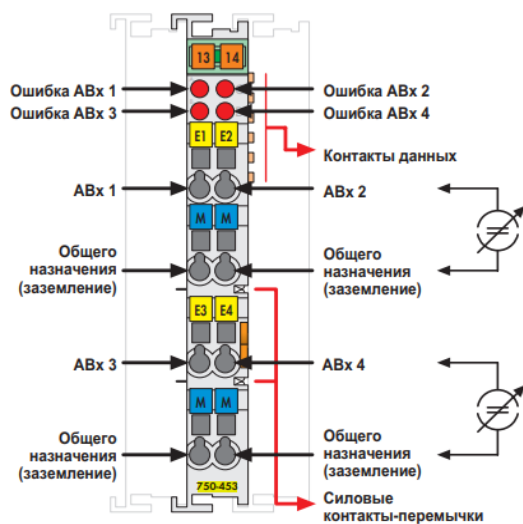


Рис.6.2 – Схема підключення контролера WAGO 750-881.

Для введення аналогових сигналів у контролер будемо використовувати 4-канальний модуль аналогового введення WAGO 750-453 (рис. 6.3).



Технические данные	
Количество входов	4
Подача напряжения	через преобразователь постоянного тока сетевого напряжения
Потребление тока (внутреннее)	65 мА
Входное напряжение (макс.)	32 В
Ток сигнала	0 - 20 мА (750-453, 753-453)
	4 - 20 мА (750-455, 753-455)
Входное сопротивление	< 100 Ом / 20 мА
Разрешение	12 бит
Время преобразования (тип.)	10 мс
Ошибка измерения (25°C)	< ± 0,2 % от величины всего измерительного диапазона
Температурный коэффициент	< ± 0,01 % / К от величины всего измерительного диапазона
Развязка	500 В между системой и источником питания
Битовая ширина	4 x 16 бит - данные, 4 x 8 бит - управление/состояние (опционально)
Проводное соединение	CAGE CLAMP®
Сечения	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Длина участка без изоляции, серия 750/753	8 ... 9 mm / 0,33 дюйма
Ширина	9 ... 10 mm / 0,37 дюйма
Вес	51 г
ЭМС СЕ - помехоустойчивость	в соотв. с EN 61000-6-2 [2005]
ЭМС СЕ - излучение помех	в соотв. с EN 61000-6-4 [2007]
ЭМС при применении в судостроении	
- помехоустойчивость	согласно Германскому Ллойд (2003)
ЭМС при применении в судостроении	
- излучение помех	согласно Германскому Ллойд (2003)

Рис. 6.3 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-453, його характеристики.

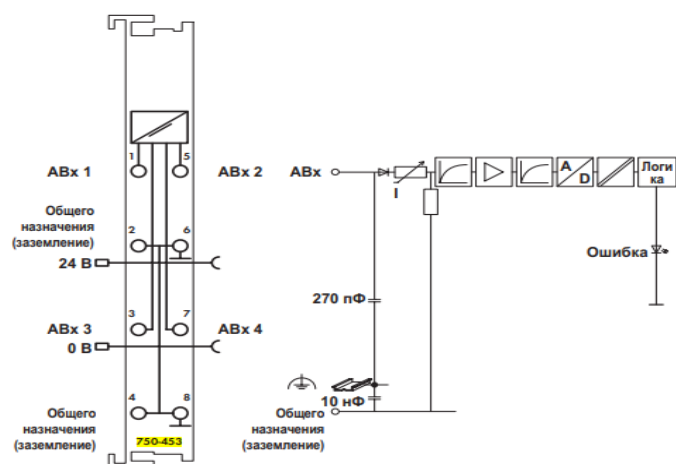
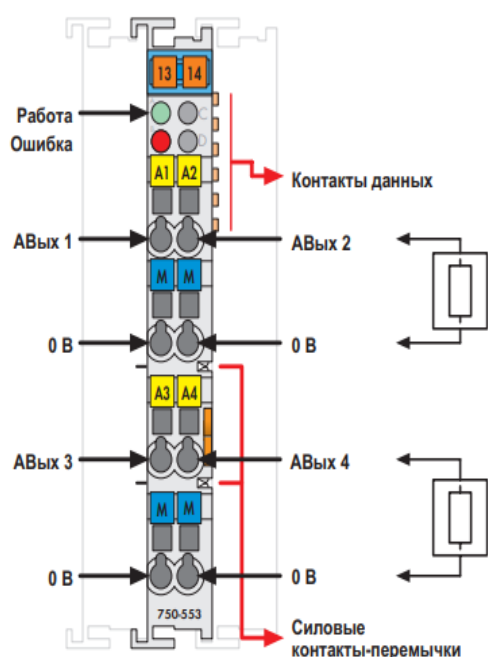


Рис. 6.4 – Схема підключення модуля ПЗО WAGO 750-453.

Для виведення аналогових сигналів з контролера (формування аналогових керуючих дій) будемо використовувати 4-канальний модуль аналогового виводу WAGO 750-555 (рис. 6.5).



Технические данные	
Количество выходов	4
Потребление тока, тип. (внутреннее)	60 мА
Подача напряжения	через преобразователь постоянного тока сетевого напряжения
Ток сигнала	0 - 20 мА (750-553, 753-553) 4 - 20 мА (750-555, 753-555)
Полное сопротивление нагрузки	0 - 300 Ом или 300 - 600 Ом (используйте один и тот же диапазон полного сопротивления для всех нагрузок!)
Разрешение	12 бит
Время преобразования (тип.)	10 мс
Время восстановления (тип.)	100 мс
Ошибка измерения (25 °C)	< ± 0,1 % от величины всего измерительного диапазона
Температурный коэффициент	< ± 0,01 % / K от величины всего измерительного диапазона
Развязка	500 В между системой и источником питания
Битовая ширина	4 x 16 бит - данные, 4 x 8 бит - управление/состояние (опция)
Проводное соединение	CAGE CLAMP®
Сечения	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Длина участка без изоляции, серия 750/753	8 ... 9 mm / 0.33 дюйма
Ширина	9 ... 10 mm / 0.37 дюйма
Вес	12 мм
Вес	53,5 г
ЭМС СЕ - помехоустойчивость	в соотв. с EN 61000-6-2 (2005)
ЭМС СЕ - излучение помех	в соотв. с EN 61000-6-4 (2007)
ЭМС при применении в судостроении	
- помехоустойчивость	согласно Германскому Ллойду (2003)
ЭМС при применении в судостроении	
- излучение помех	согласно Германскому Ллойду (2003)

Рис. 6.5 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-555, його характеристики та схема підключення.

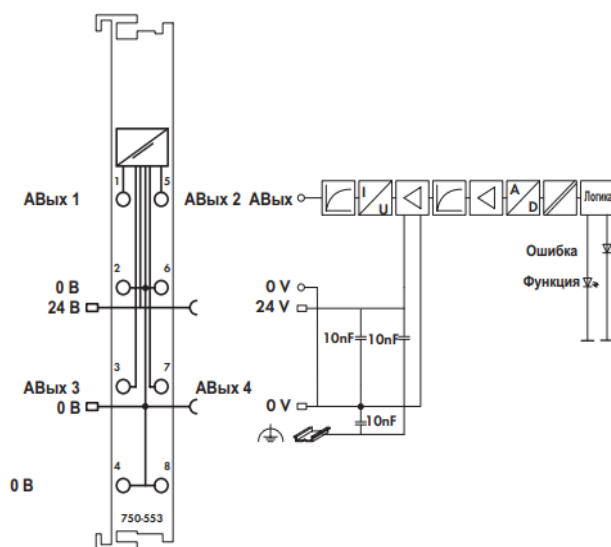
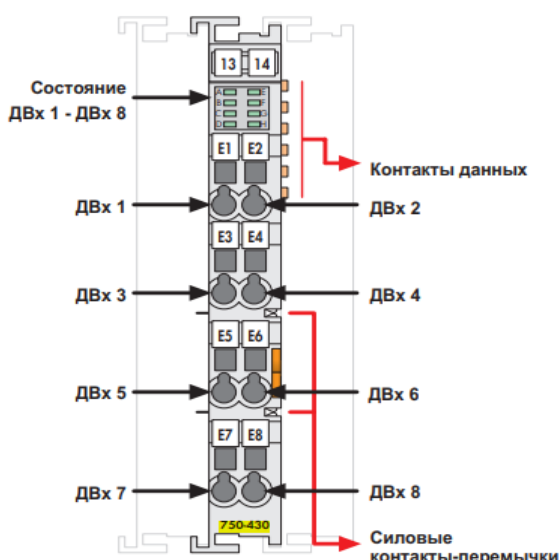


Рис. 6.5 (закінчення) – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-555, його характеристики та схема підключення.

Для вводу дискретних сигналів до контролеру будемо використовувати 8-канальний модуль дискретного вводу WAGO 750-430 (рис. 6.6).



Технические данные	
Количество входов	8
Потребление тока (внутреннее)	17 мА
Напряжение через силовые контакты-переключатели	24 В пост. тока (-25 - +30 %)
Напряжение сигнала (0)	-3 ... +5 В пост. тока
Напряжение сигнала (1)	15 - 30 В пост. тока
Входной фильтр	3,0 мс (750-430 / 753-430)
	0,2 мс (750-431 / 753-431)
Входной ток (тип.)	2,8 мА
Развязка	500 В между системой и источником питания
Внутренняя битовая ширина	8 бит
Проводное соединение	CAGE CLAMP®
Сечения	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Длина участка без изоляции, серия 750/753	8 ... 9 mm / 0.33 дюйма
	9 ... 10 mm / 0.37 дюйма
Ширина	12 мм
Вес	48,5 г
ЭМС СЕ - помехоустойчивость	в соотв. с EN 61000-6-2 (2005)
ЭМС СЕ - излучение помех	в соотв. с EN 61000-6-4 (2007)
ЭМС при применении в судостроении	
- помехоустойчивость	согласно Германскому Ллойд (2003)
ЭМС при применении в судостроении	
- излучение помех	согласно Германскому Ллойд (2003)

Рис. 6.6 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-430, його характеристики та схема підключення.

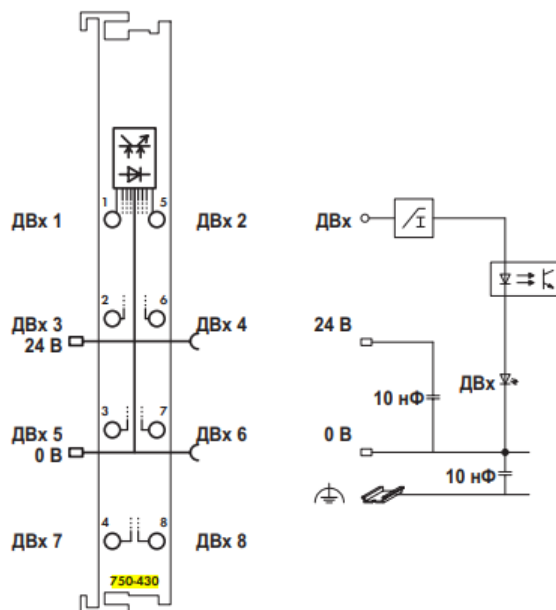
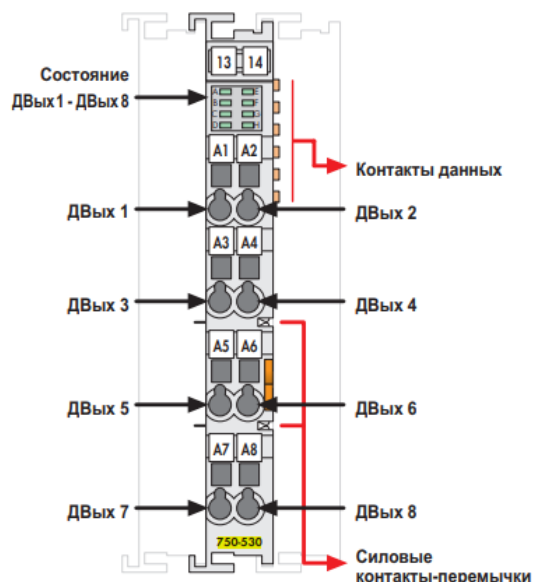


Рис. 6.6 (закінчення) – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-430, його характеристики та схема підключення.

Для виводу дискретних сигналів до контролеру будемо використовувати 8-канальний модуль дискретного виводу WAGO 750-530 (рис. 6.7).



Технические данные	
Количество выходов	8
Потребление тока (внутреннее)	25 мА
Напряжение через силовые контакты-перемычки	24 В пост. тока (-25...+30 %)
Тип нагрузки	резистивная, индуктивная, лампы
Макс. частота переключений	2 кГц
Выходной ток (макс.)	0,5 А, с защитой от короткого замыкания
Рассеяние энергии W при выключении индуктивной нагрузки (макс.)	0,9 Дж; $I_{\text{макс}} = 2 \times W_{\text{макс}} / I^2$
Потребление тока, тип. (полевой уровень)	15 мА + заряд
Развязка	500 В между системой и источником питания
Внутренняя битовая ширина	8 бит
Проводное соединение	CAGE CLAMP®
Сечения	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Длина участка без изоляции, серия 750/753	8 ... 9 mm / 0.33 дюйма
Ширина	9 ... 10 mm / 0.37 дюйма
Вес	12 мм
ЭМС СЕ - помехоустойчивость	48,5 г
ЭМС СЕ - излучение помех	в соотв. с EN 60000-6-2 (2005)
ЭМС при применении в судостроении - помехоустойчивость	в соотв. с EN 61000-6-4 (2007)
ЭМС при применении в судостроении - излучение помех	согласно Германскому Плейду (2003)
ЭМС при применении в судостроении - излучение помех	согласно Германскому Плейду (2003)

Рис. 6.7 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-430, його характеристики та схема підключення.

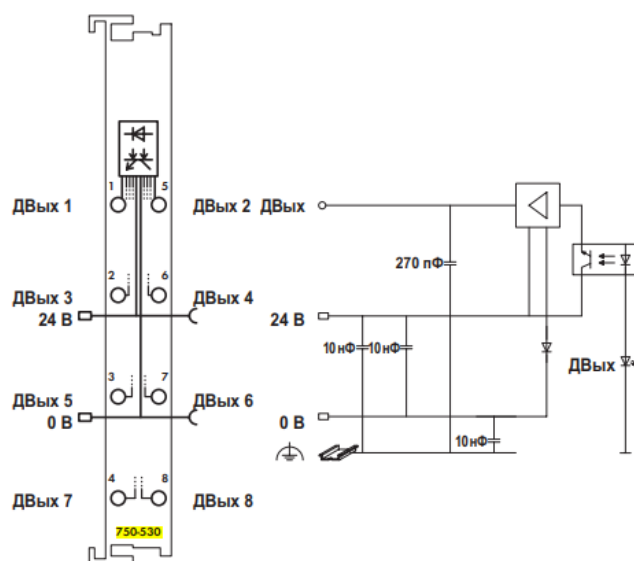


Рис. 6.7 (закінчення) – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-430, його характеристики та схема підключення.

Додатково нам знадобляться модуль живлення 24В постійного струму WAGO 750-601 а також кінцевий модуль шини 750-600.

Зв'язок контролера з комп'ютером здійснюється за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Враховуючи обраний контролер, модулі ПЗО до нього, та список змінних, які необхідно вводити та виводити з контролеру схема технічною структури мікропроцесорного ядра системи автоматичного керування прийме наступний вигляд. (рис. 6.8).

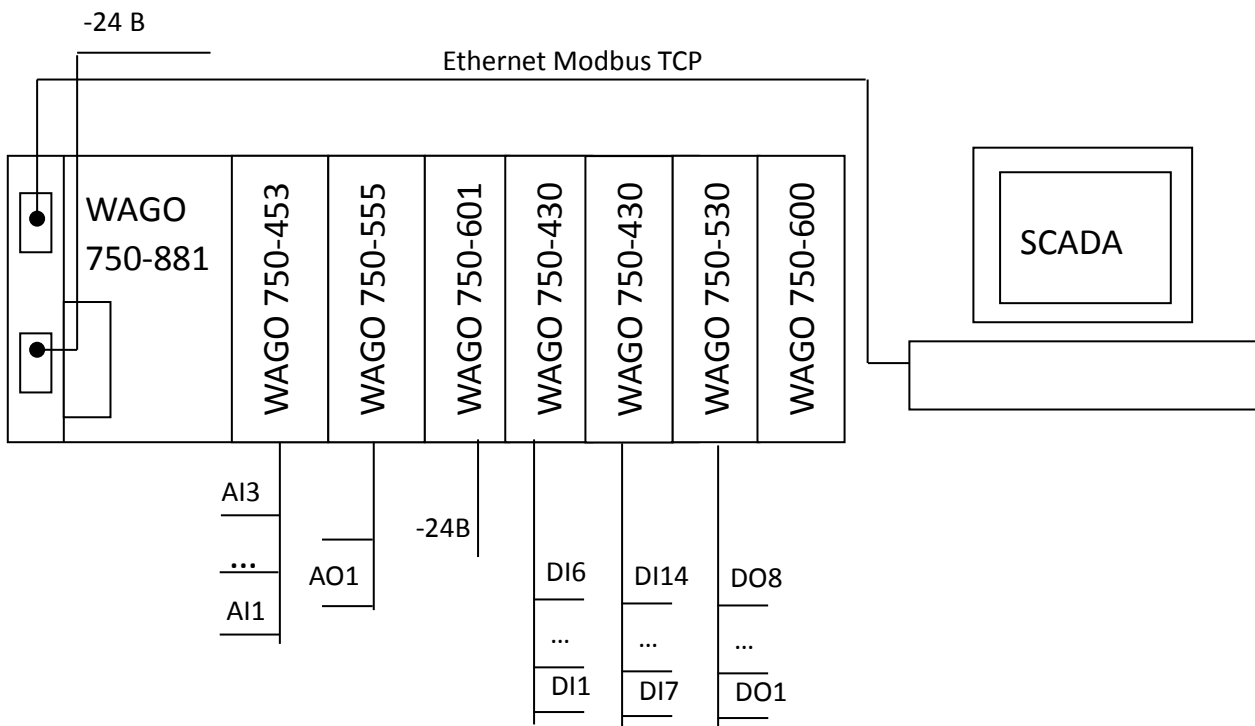


Рис. 6.7 – Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи процесу керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден.

6.3 Програмне конфігурування контролера та розробка програмного забезпечення системи керування в середовищі CoDeSys.

Першим етапом проведено програмне конфігурування контролера та його модулів ПЗО у середовищі CoDeSys. На рис. 6.8 – 6.10 розкрита процедура конфігурування CPU контролера та його модулів ПЗО.

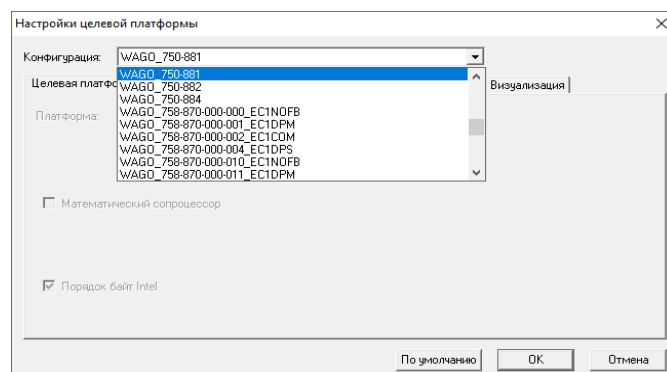


Рис.6.8 – Вікно вибору контролера у середовищі CoDeSys.

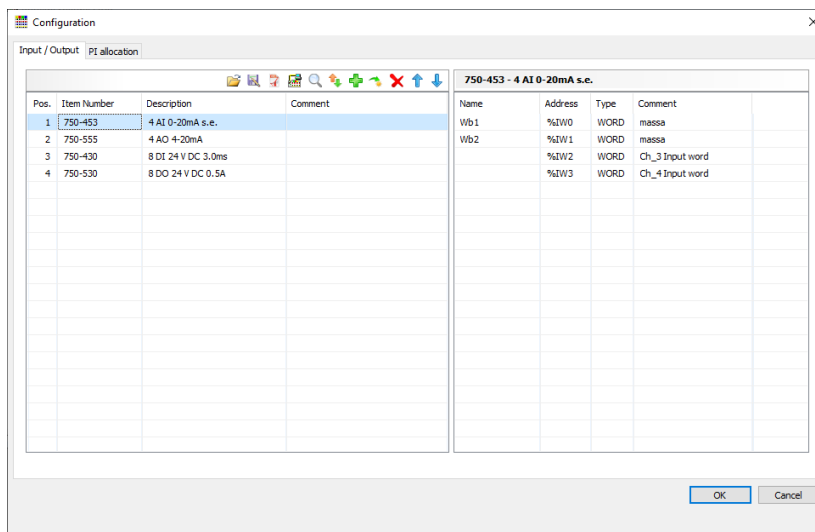


Рис. 6.9 – Фрагмент вікна конфігурування модулів ПЗО WAGO.

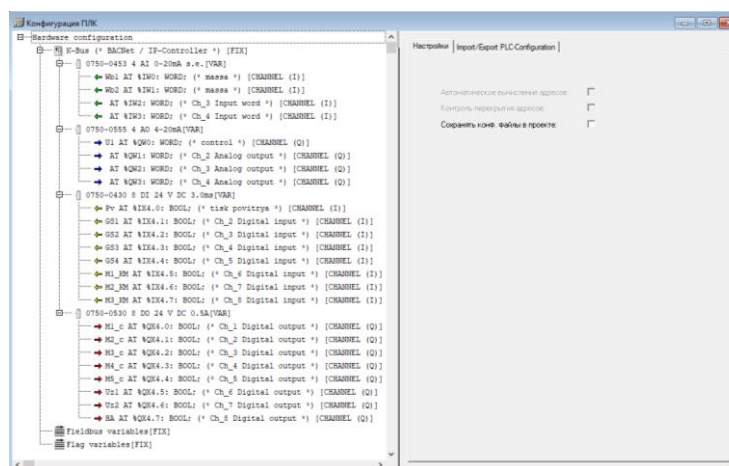


Рис. 6.10 – Фрагмент вікна конфігурування модулів ПЗО у CodeSys .

Завершив конфігурацію переходимо до програмної реалізації алгоритмів керування.

6.4. Програмна реалізація алгоритмів регулювання та їх тестування на моделі ОК.

Модель САР розраховується у програмному модулі POU_100ms, який обчислюється кожен 0.1 секунди. Час обчислення задається при конфігуруванні контролера у розділі «Конфігурація задач» (рис.6.11).

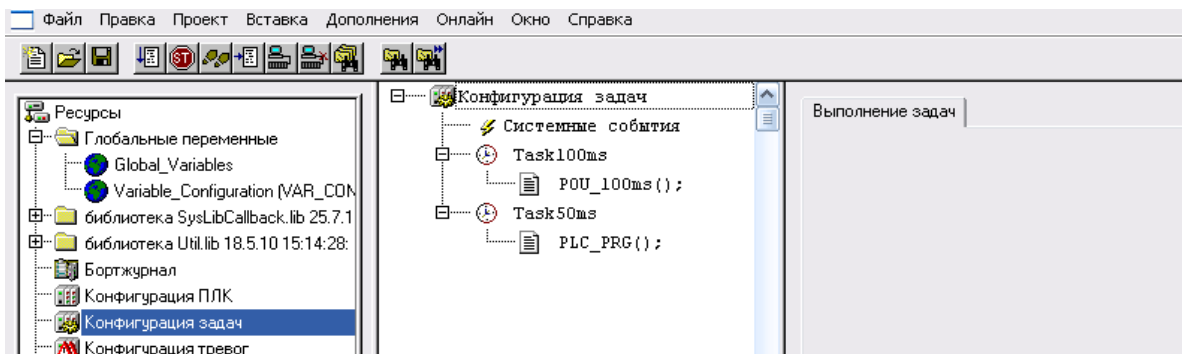


Рис. 6.11– Загальний вигляд вікна проекту при конфігуруванні задач.

На рис. 6.12, 6.13 представлені фрагменти програм, які реалізують модель об'єкта керування та алгоритми регулювання.

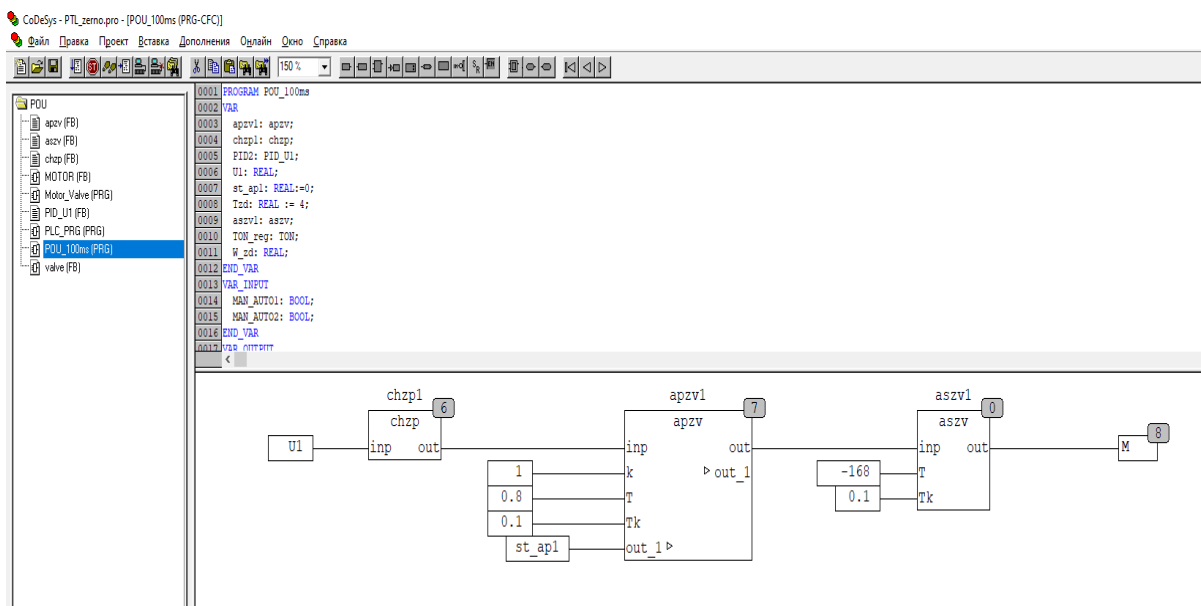


Рис. 6.12 – Фрагмент програми, яка реалізує модель об'єкта керування.

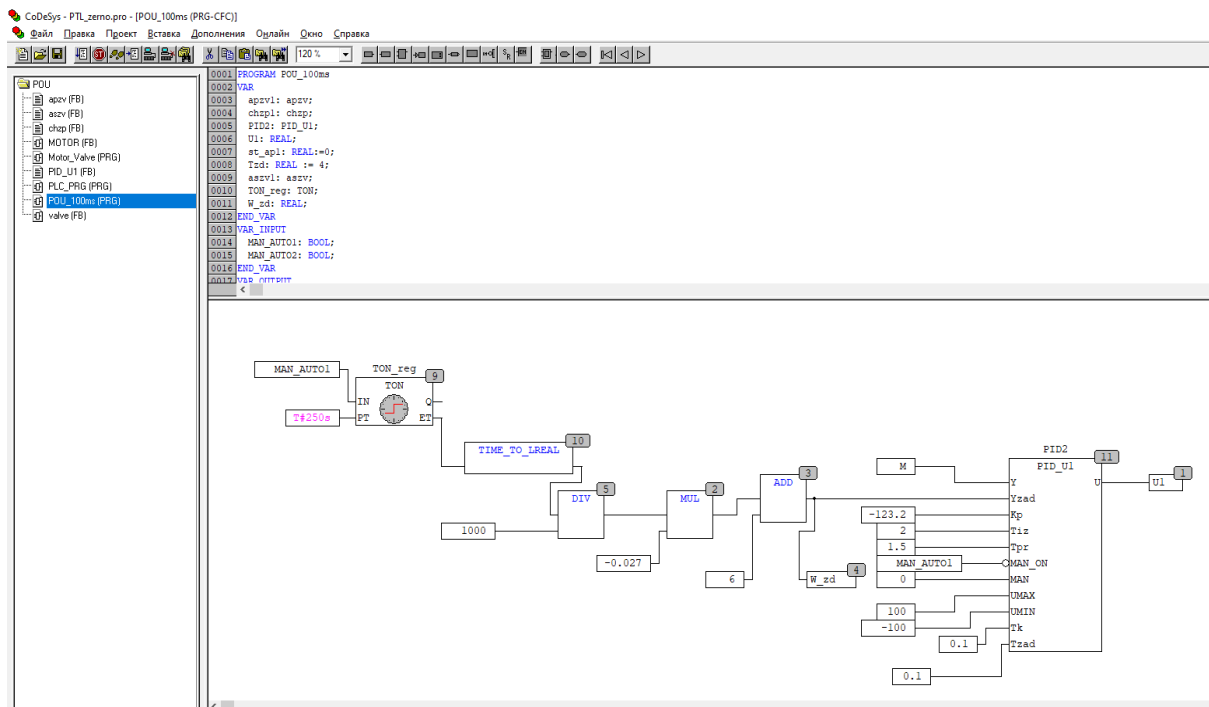


Рис. 6.13 – Фрагмент програми, яка реалізує алгоритми регулювання.

Для реалізації моделі об'єкта керування використовувались спеціально розроблені функціональні блоки динамічних ланок: ланки запізнення та статичної аперіодичної інерційної ланки першого порядку. На рис. 6.14 та 6.15 представлені фрагменти програм реалізації цих ланок мовою ST.

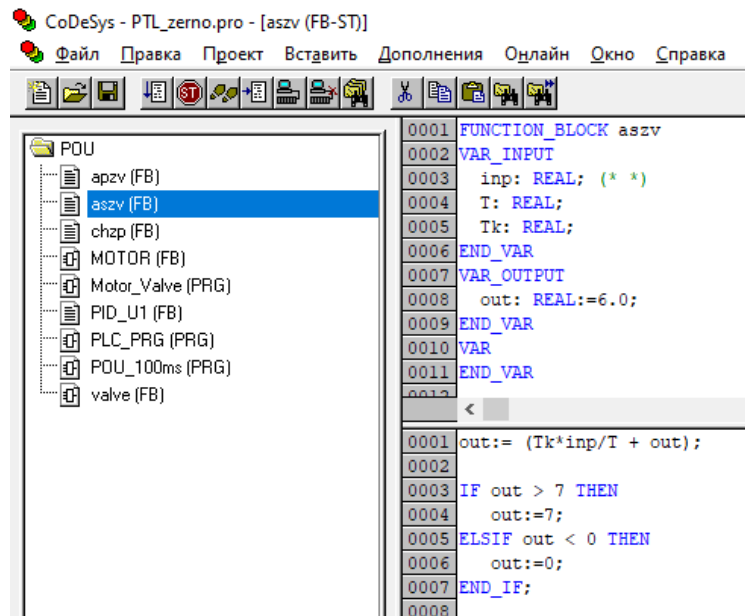


Рис. 6.14 – Фрагмент програми, яка реалізує астатичну інтегруючу ланку першого порядку з обмеженнями.

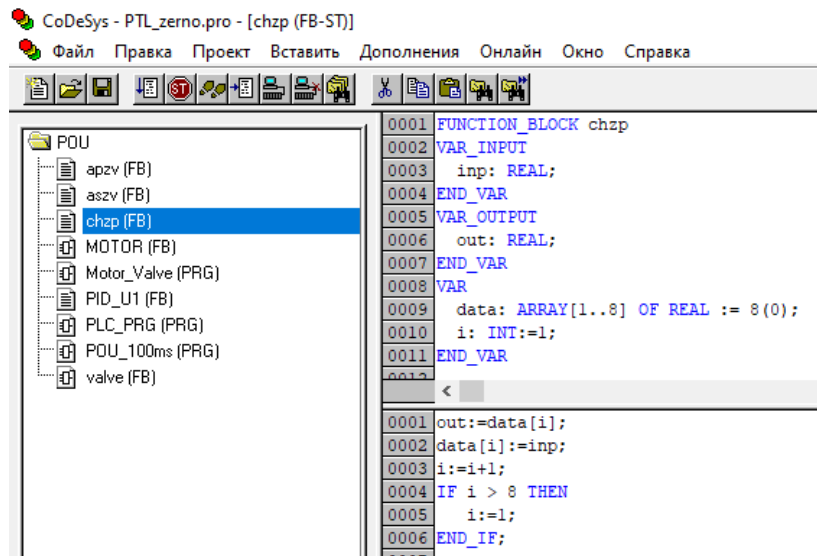


Рис. 6.15 – Фрагмент програми, яка реалізує ланку чистого запізнення.

Для реалізації алгоритмів регулювання використовувались спеціально розроблений функціональний блок ПІД – регулятору з переключенням режиму РУЧ/АВТ. Цей блок розроблений мовою ST . На рис. 6.16 представлена внутрішня структура регулятора.

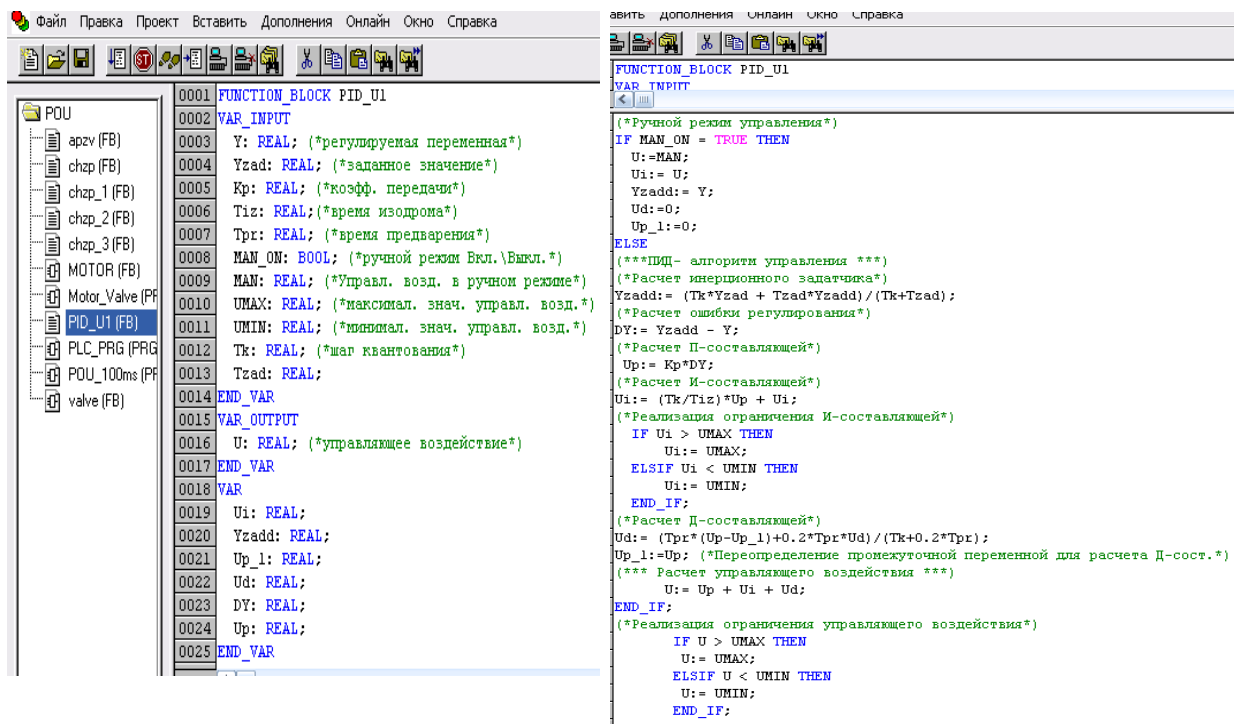


Рис. 6.16 – Код програми ПІД - регулятора.

На рис. 6.17 наведені перехідні характеристики що отримані при тестуванні програм ПІД – регулювання на моделі об’єкту керування.

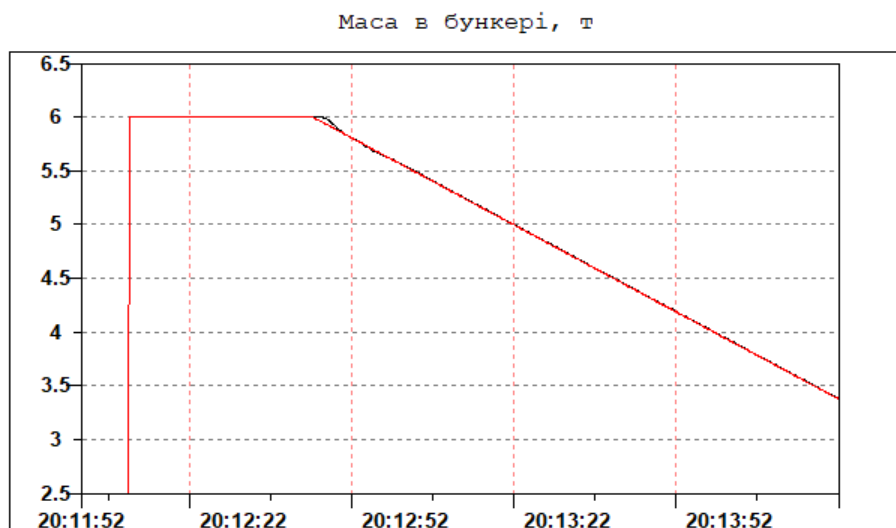


Рис. 6.17 – Перехідні характеристики, отримані при тестуванні і відлагодженні алгоритмів регулювання на моделі ОК.

6.5. Програмна реалізація алгоритмів логічного керування

Програмна реалізація алгоритмів логічного керування виконана в програмному модулі PLC_PRG який обчислюється з кроком 0.05с.

Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску та зупинки наведено на рис. 6.18 та 6.19.

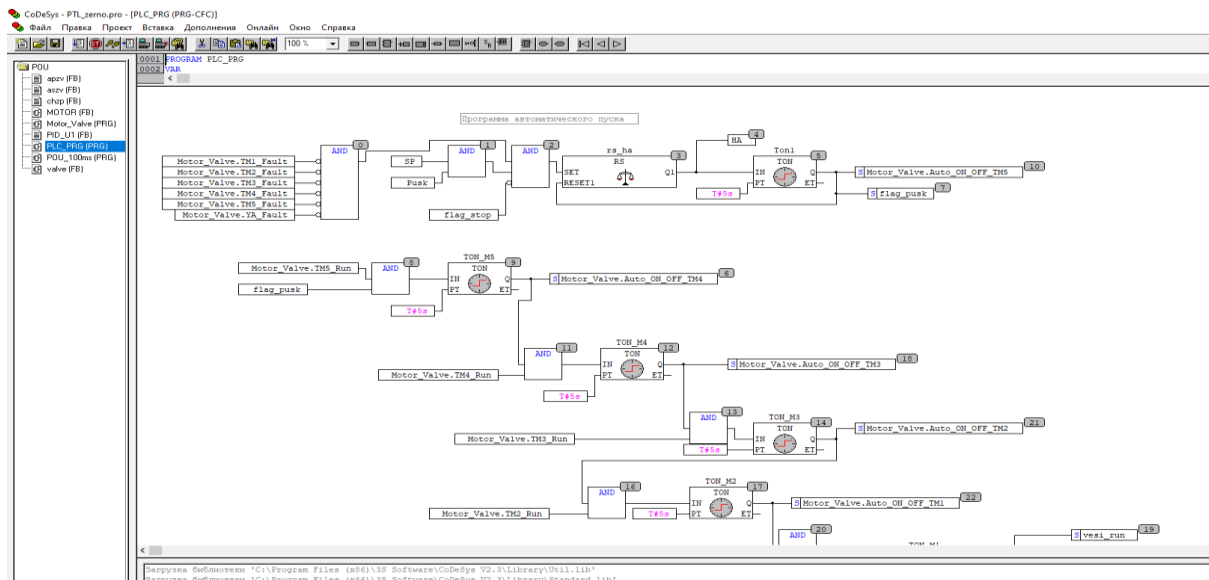


Рис. 6.18 – Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску.

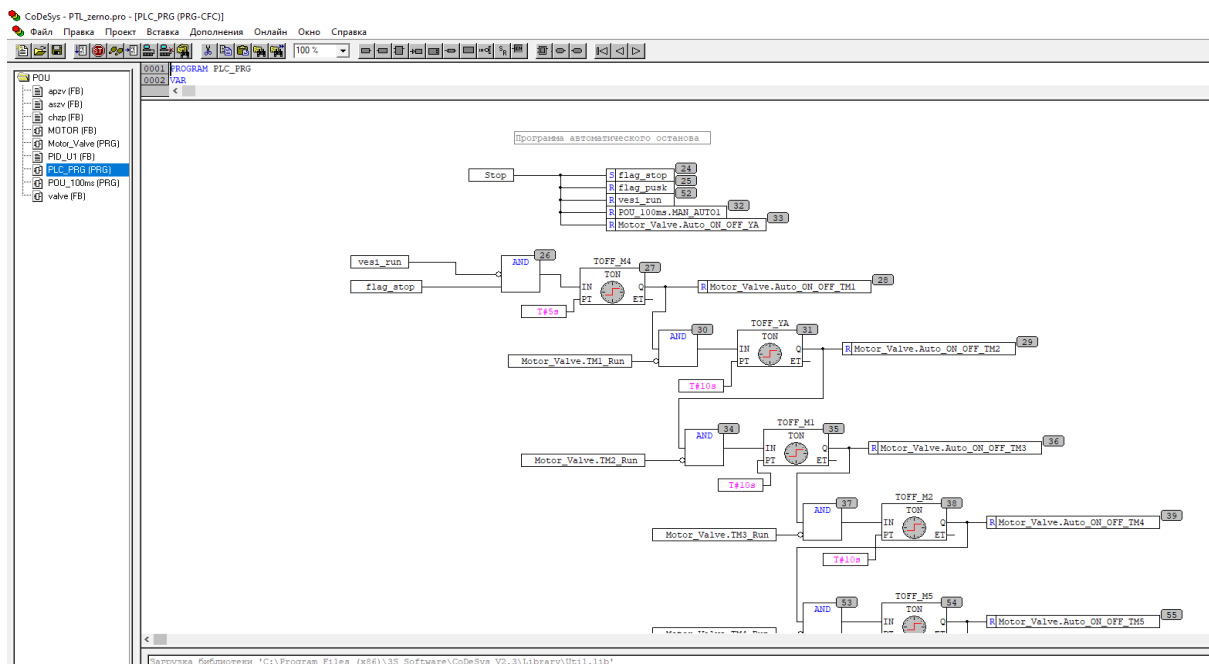


Рис. 6.19 – Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичної зупинки.

Програма логічного керування формує сигнали для підпрограм керування двигунами, клапанами та контурами регулювання. Розрахунок підпрограм керування двигунами та клапанами виконується у програмному модулі Motor_Valve. (рис. 6.20)

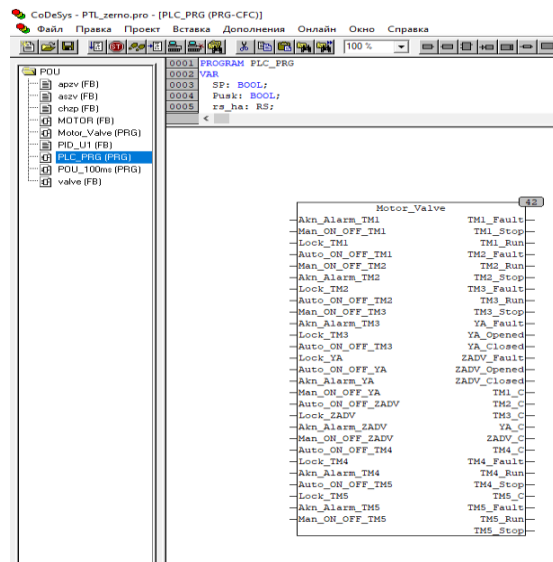


Рис. 6.20 – Фрагмент програми PLC_PRG з викликом модуля Motor_Valve.

Внутрішня структура програмного модуля Motor_Valve наведена на рис. 6.21.

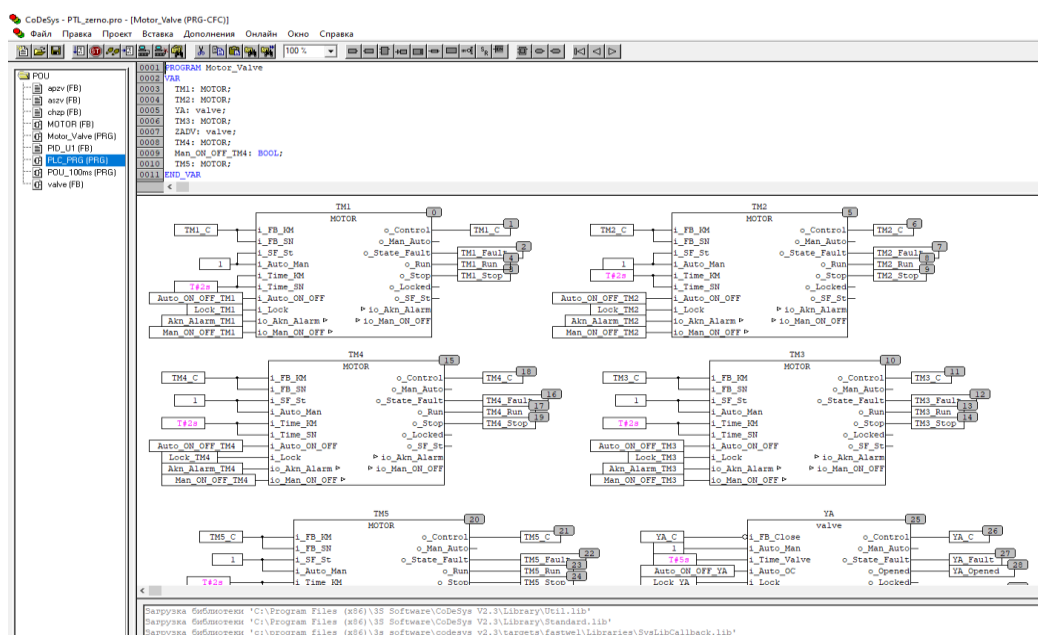


Рис. 6.21 – Фрагмент внутрішньої структури програмного модуля Motor_Valve

Декілька входів та виходів функціональних блоків управління двигунами та засувками з'єднуються з входами та виходами контролера для управління та аналізу стану двигуна. Внутрішня структура функціональних блоків керування двигуном на рис. 6.22 та 6.23.

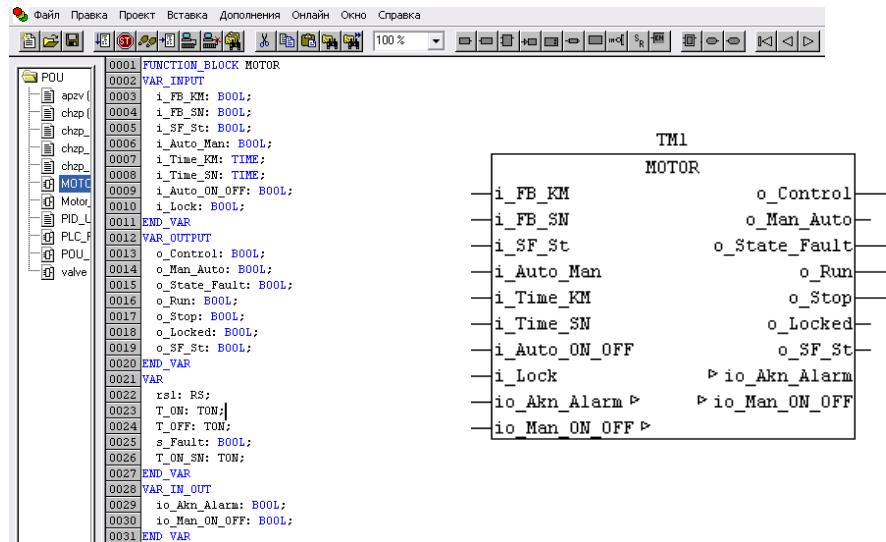


Рис.6.22 – Загальний вигляд блоку керування двигуном та список змінних підпрограми що його реалізує.

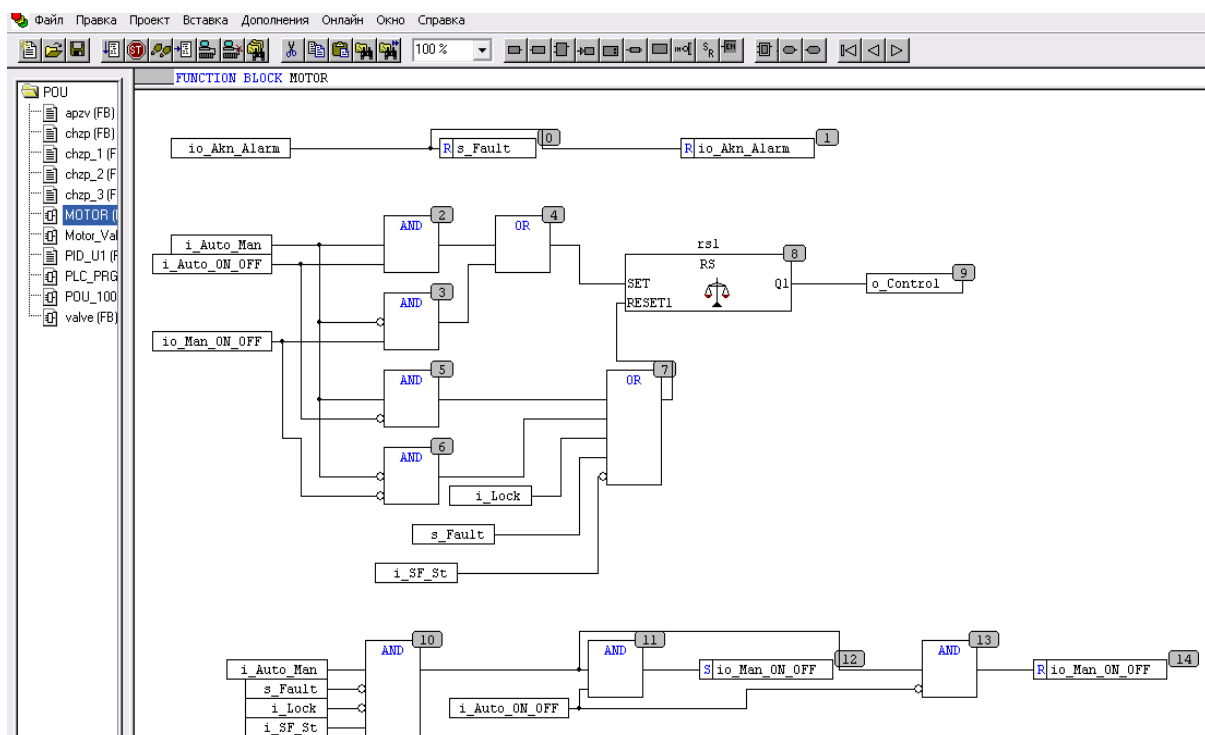


Рис. 6.23 – Фрагмент підпрограми що реалізує блоку керування двигуном.

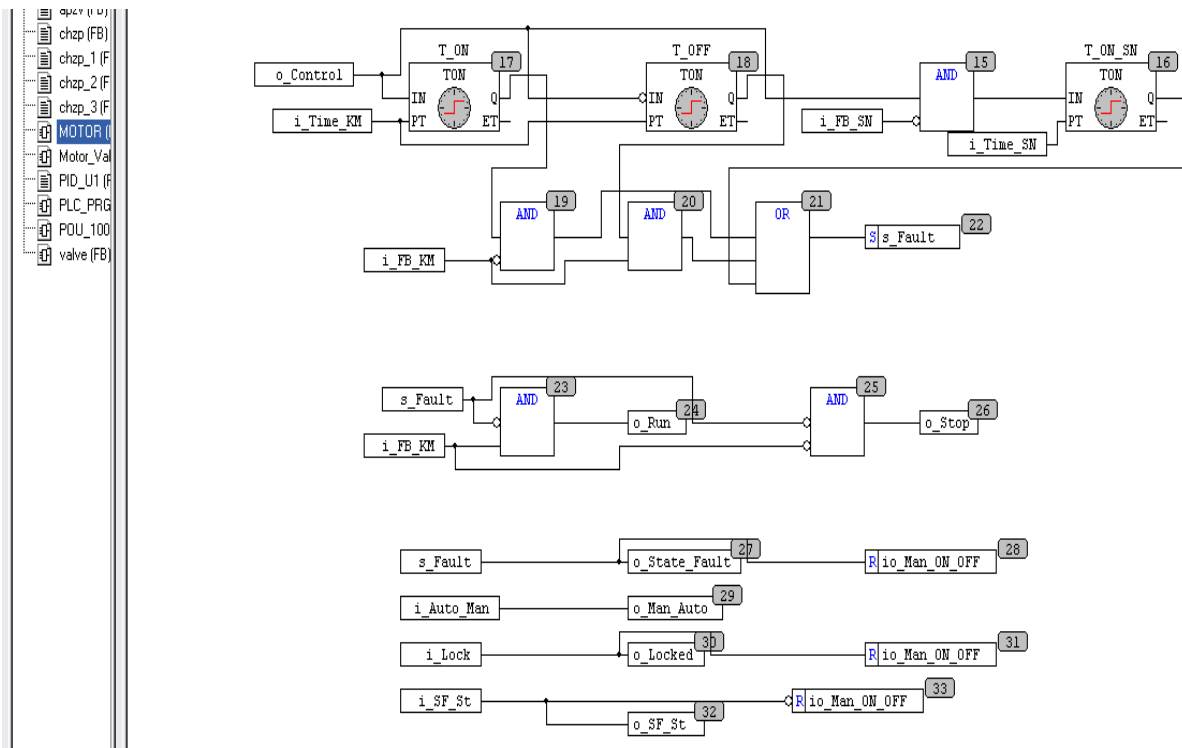


Рис. 6.23 (закінчення) – Фрагмент підпрограми що реалізує блоку керування двигуном.

Результати тестування програми при виконанні алгоритмів пуску та зупинки підтвердили правильність реалізації. Фрагмент програми та графічний інтерфейс при тестуванні алгоритму пуску наведено на рис. 6.24 та 6.25.

6.6. Розробка підсистеми взаємодії автоматизованого робочого місця та мережі контролерів за допомогою OPC-сервера.

Взаємодія автоматизованого робочого місця (АРМ) та мережі контролерів з допомогою OPC - сервер розглянемо на прикладі реалізації зв'язку засобами пакету CoDeSys 2.3, в якому розробляється ПО контролера. Як приклад розглянемо реалізацію зв'язку тільки для контурів регулювання. В наявності контролера WAGO 750-881 не має, тому для тестування в якості цільової платформи оберемо 3S CoDeSys SP PLCWinNT V 2.4. та відзначимо необхідність завантаження символічного файлу (рис. 6.26).

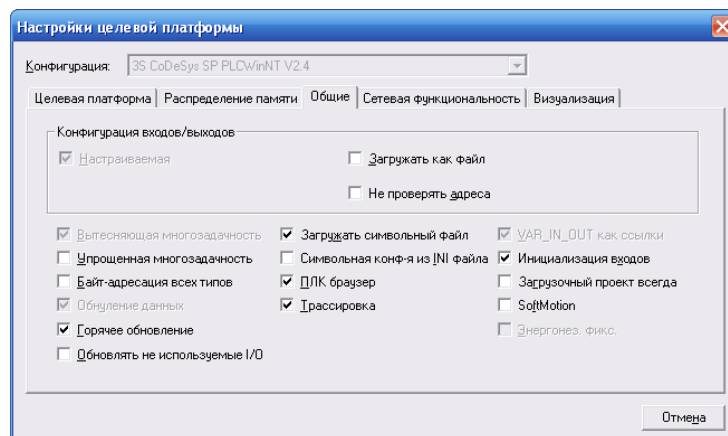


Рис. 6.26 – Загальний вигляд вікна вибору цільової платформи.

Проводимо конфігурацію OPC – серверу у пакеті CoDeSys 2.3, для обміну даними зі SCADAсистемою. Для цього вказуємо які змінні потрібно включити в мережевий обмін даними (рис. 6.27) та налаштовуємо параметри мережевого зв'язку (рис. 6.28). В мережевий обмін включаємо регульовані змінні та їхні задані значення.

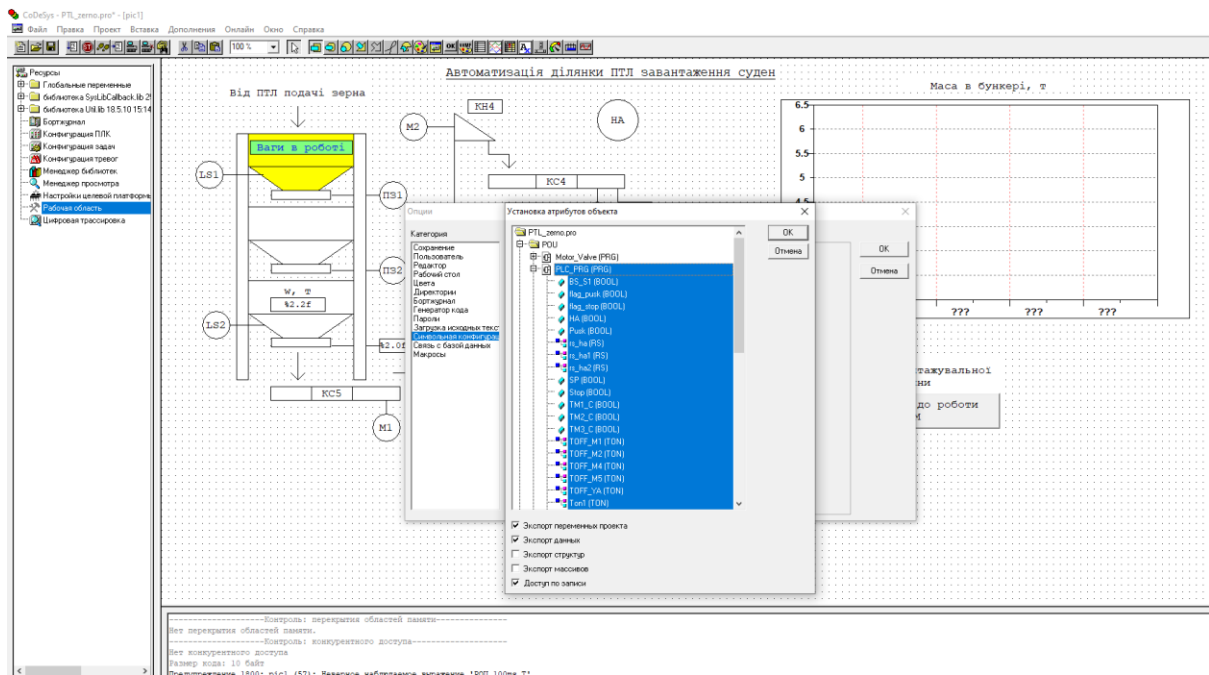


Рис. 6.27 – Фрагмент налаштування символічного файлу для обміну даними з використанням OPC - сервера.

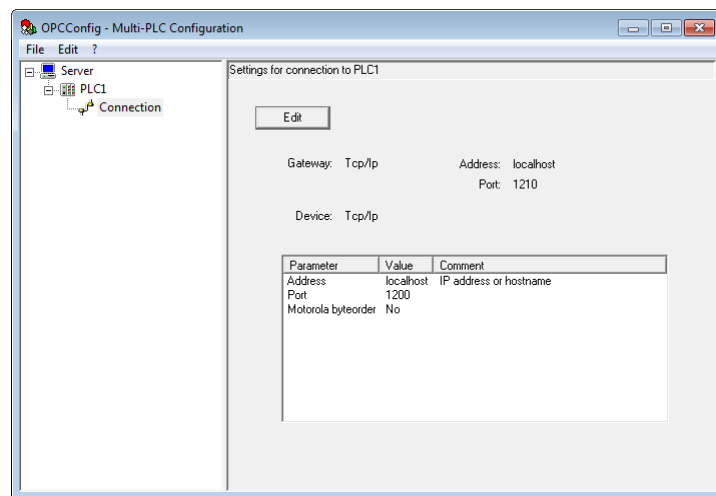


Рис. 6.28 – Вікно налаштування параметрів мережевого зв'язку для OPC -сервера.

Після конфігурації вибрані змінні будуть доступні OPC - клієнтам. Зокрема SCADA-системам.

У середовищі SCADA-системи WinCCFlexible реалізуємо вікно трендів для відображення зміни поточних та заданих значень регульованих змінних. Проводимо підключення до OPC сервера CoDeSys 2.3 в середовищі WinCCFlexible та формування нових тегів.

На рис. 6.29 та 6.30 представлені вікна налаштування мережевого підключення до OPC сервера CoDeSys та створення тегів пов'язаних з OPC сервером в SCADA системі WinCCFlexible.

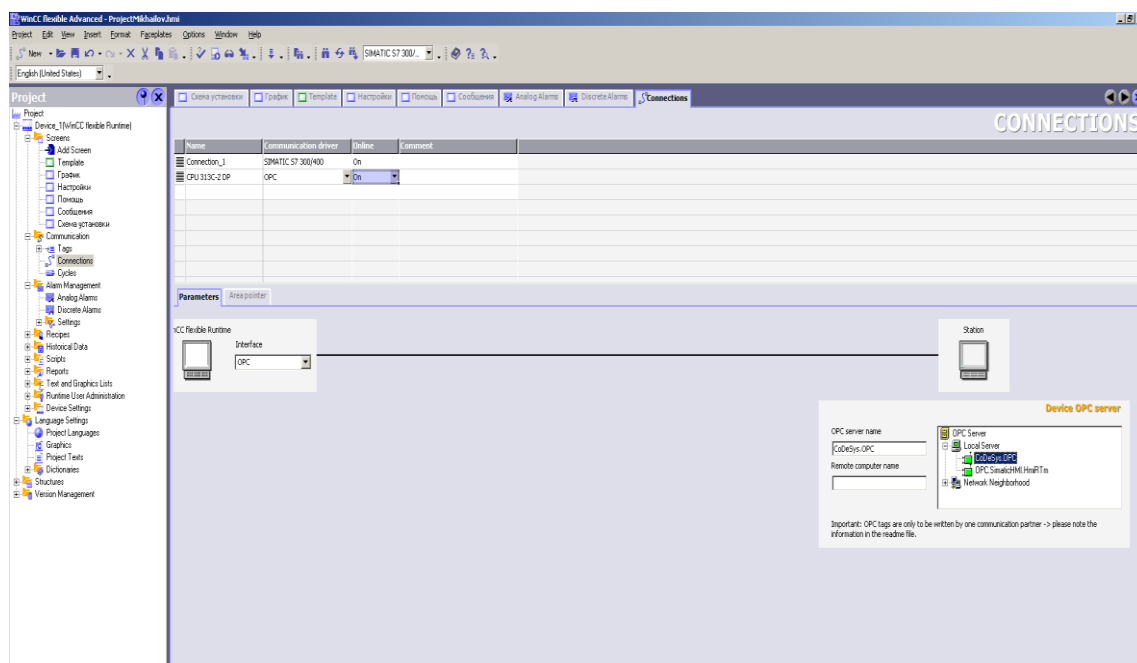


Рис. 6.29 – Вікно створення мережевого підключення до OPC сервера CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible.

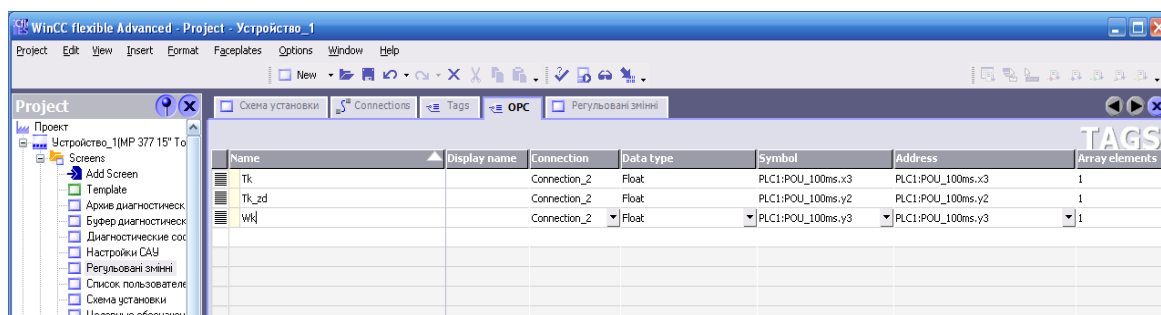


Рис. 6.30 – Вікно створення тегів пов'язаних з OPC сервером CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible.

Результати тестування мережевого обміну даними між SCADA системою WinCCFlexible і програмою контролера створеної в пакеті CoDeSys з допомогою OPC сервера CoDeSys підтвердили обмін даними.

6.7. Висновки за розділом

В даному розділі була розроблена технічна структура мікропроцесорного ядра системи процесу керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден, здійснений вибір промислового контролера та його блоків вводу/виводу, в середовищі CoDeSys розроблені програми, які реалізують алгоритми логічного керування та регулювання, проведена їх перевірка, яка засвідчила роботоспроможність програм та їх відповідність алгоритмам керування.

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА SCADA ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГА І НАЛАДЧИКА САК

7.1. Конкретизація функцій і структури екранів АРМ оператора-технолога.

Робоче місце оператора-технолога процесу відвантаження зерна на судна повинно передбачати наявність набору функцій, які максимально охоплюють і забезпечують виконання його професійних обов'язків. З урахуванням цього АРМ оператора-технолога має передбачати можливість виконання оператором наступних функцій:

1. Контролювати значення технологічних параметрів поточно транспортної лінії в процесі відвантаження зерна на судна і задавати режими роботи обладнання.

2. Контролювати стан обладнання поточно транспортної лінії (включено, вимкнений, знаходиться в аварії і т.д.) і значення експлуатаційних параметрів обладнання.

3. Керувати запуском і зупинкою поточно транспортної лінії в ручному та автоматичному режимах управління.

4. Керувати окремим обладнанням ПТЛ в ручному режимі.

5. Контролювати виникнення порушень в роботі обладнання і оперативно реагувати на них. Виходячи із викладеного раніше, в проєкті, для реалізації АРМ оператора-технолога передбачені наступні екрани:

1) Мнемосхема ділянки. Основний екран із зображенням мнемосхеми процесу відвантаження зерна на судна дозволяє контролювати хід процесу, керувати обладнанням, міняти режими роботи обладнання та контролювати виникнення порушень в роботі.

2) Графіки. Екран, призначений для відображення графіку зміни маси витратного бункера бункерних ваг.

3) Технічні повідомлення, Буфер повідомлень. Архів повідомлень. Екрани, призначені для відображення діагностичних повідомлень різних класів.

4) Умовні позначення. Екран допомоги для нових недосвідчених користувачів.

7.2. Розробка екранів АРМ оператора-технолога. Шаблон екранів.

Шаблон екранів створюється в окремому підрозділі графічного редактора екранів SCADA-системи WinCCFlexible. Графічні елементи розташовані у вікні шаблону (рис.7.1) будуть присутні на всіх екранах що входять в проект.

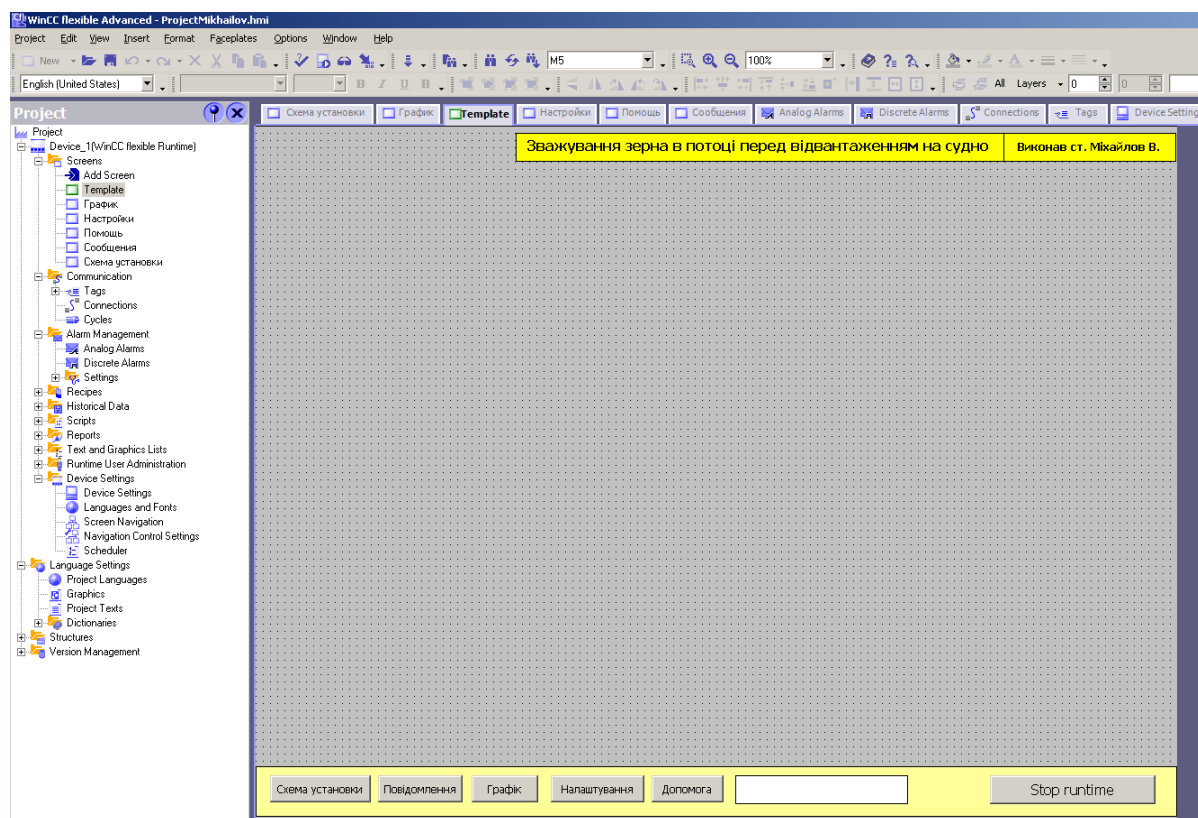


Рис.7.1 – Загальний вигляд шаблону вікон.

Шаблон екранів включає заголовок екрану і меню перемикавання екранів АРМ. Заголовок екрану створений з використанням типових елементів графічного редактора системи WinCCflexible. Він включає логотипи розробника проекту, загальна назва технологічного процесу.

Відображення назви вікна здійснюється за допомогою виклику підпрограми (рис.7.2). Підпрограма викликається з системного події - «Change screen».

```

Sub DisplayCurrentScreenName( )
1  ' WARNING!
2  ' *****
3  ' This is a generated script.
4  ' Do not modify this script!
5  ' *****
6  '
7  '
8  Dim o
9  Set o = HmiRuntime.Screens("OverView").ScreenItems("TemplateTextFieldScreenName")
10 o.Text = HmiRuntime.BaseScreenName
11
12
13

```

Рис.7.2 – Вихідний код підпрограми відображення назви активного вікна.

Меню переключення екранів складається з набору кнопок, що дозволяють виконувати перемикання між різними графічними вікнами. Для перемикання вікон використовуються спеціальні системні функції (рис. 7.3).

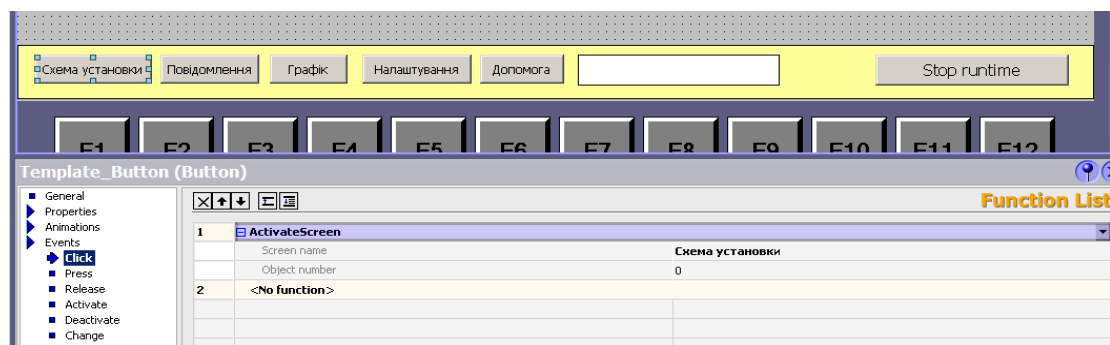


Рис.7.3 – Приклад використання системної функції «ActivateScreen» для перемикання екранів графічного інтерфейсу.

У заголовку екрану також відображається ім'я поточного активного користувача. Ім'я користувача виводиться у текстовому полі за допомогою функції «GetUserName», яка викликається системною подією «Change user» (рис.7.4). Кнопки «Вхід» та «Вихід» (розташовані на окремому екрані) дозволяють увійти в профіль користувача, або ж вийти з профілю.

Реєстрація нових користувачів здійснюється при натисканні кнопки «Реєстрація».

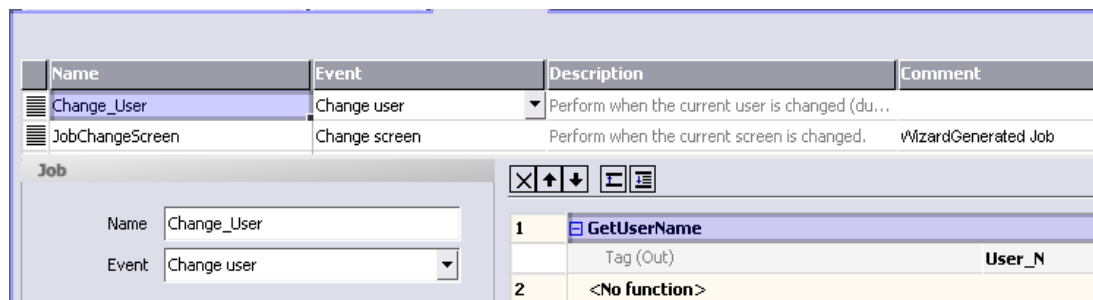


Рис. 7.4 – Вікно налаштування обробки системних подій в планувальнику завдань «Scheduler».

Мнемосхема ділянки.

Основне вікно «Схема установки» (рис. 7.5) містить схематичне зображення поточно транспортної лінії в процесі відвантаження зерна на судна з елементами відображення і управління. Зображення агрегатів поточно транспортної лінії створено в графічному редактор SCADA - системи WinCCFlexible з використанням стандартних елементів графічної бібліотеки цього редактора. Встановлені на мнемосхемі графічні елементи відображення і управління дозволяють оператору контролювати стан обладнання і значення технологічних параметрів, а також керувати обладнанням.

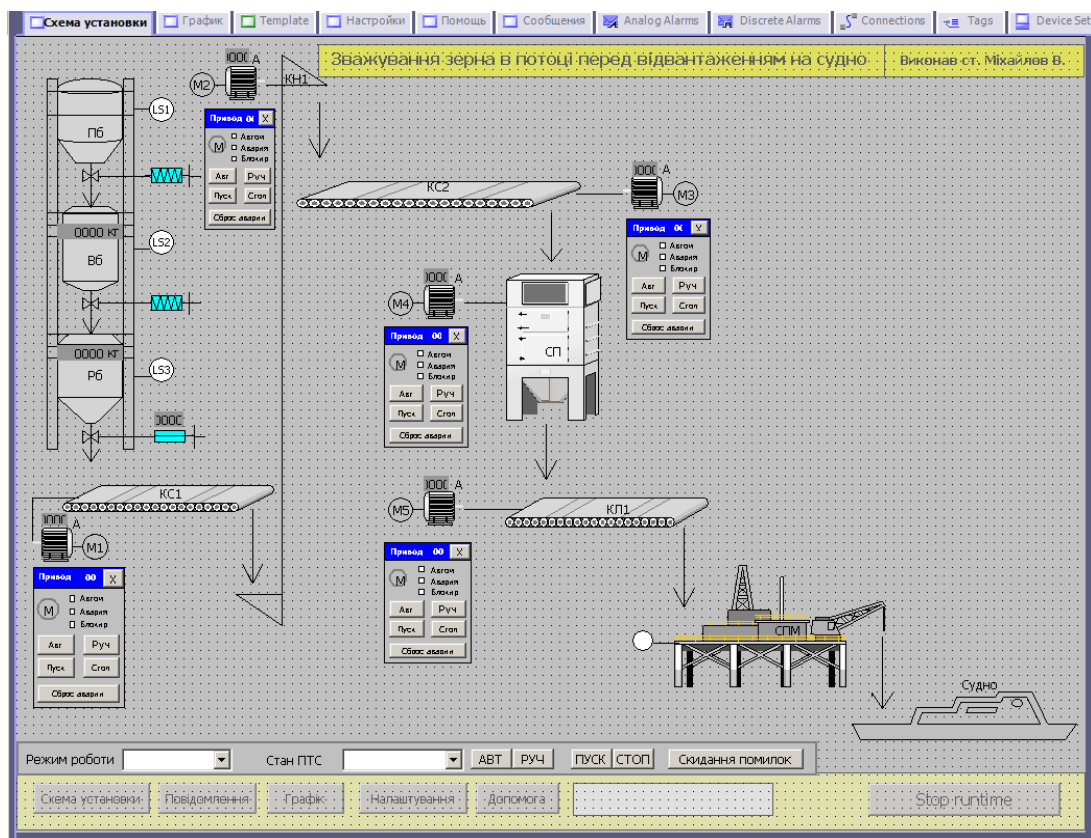


Рис. 7.5 – Загальний вигляд вікна «Схема установки».

Відображення поточних значень і введення заданих значень технологічних параметрів виконується з використанням елементів «IO Field», які пов'язують з відповідними тегамі. Відображення дискретних сигналів з датчиків виконується за допомогою елементів «Circle» за рахунок зміни їх кольору.

Також зміною кольору елементів мнемосхеми волочильного стану або появою стрілок вказують напрямок потоку зерна, відображається включення двигунів і відкриття клапанів.

Контроль стану двигунів реалізований з використанням спеціально розроблених в редакторі «Faceplate» екранних форм (рис. 7.6).

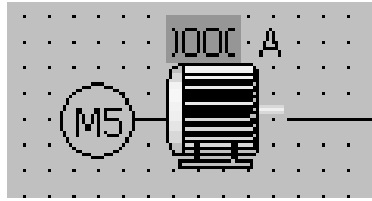


Рис. 7.6 – Екранні форми для контролю стану двигунів та виконавчих пристроїв.

Екранні форми підключаються до відповідних тегів у контролері і відображають стан і режим роботи обладнання.

Керувати двигунами і засувками оператор може з використанням спеціальних екранних форм керування (рис. 7.7).

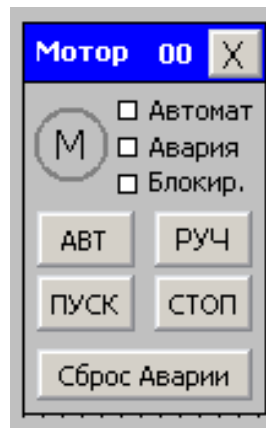


Рис. 7.7 – Екранні форми для керування двигунами.

Екранні форми управління також прив'язуються до тегів контролера і дозволяють оператору міняти режим роботи (АВТ / РУЧ) двигуна, управляти їх станом, підтвердити помилки при їх виникненні. На рис. 7.8 представлений приклад прив'язки тегів до екранної форми управління двигуном. Створені екранні форми згруповані в спеціальній бібліотеці і можуть використовуватися при створенні інших проектів.

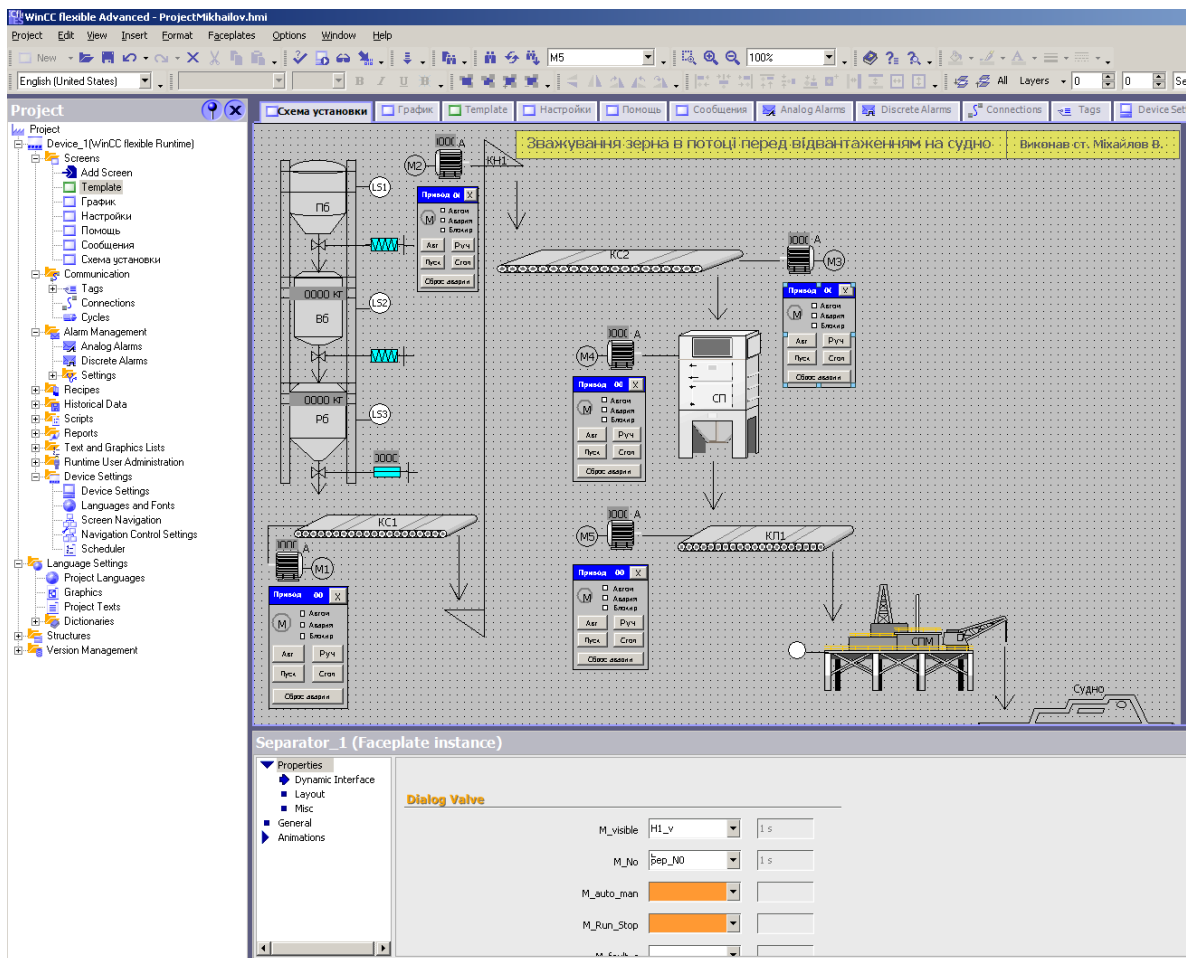


Рис. 7.8 – Фрагмент вікна прив'язки тегів до екранної форми управління двигуном.

На малюнку 7.9 представлений екран «Схема установки» при працюючому в автоматичному режимі, без порушень режиму роботи і справному обладнанні з відкритими екранними формами управління засувками і двигунами. Екранні форми управління викликаються натисканням лівої кнопки миші на відповідній екранній формі контролю стану двигуна або клапана. Детальну інформацію про екранних формах контролю стану двигунів або клапанів з розшифровкою їх станів оператор може отримати в екранній формі «Допомога» (рис. 7.10).

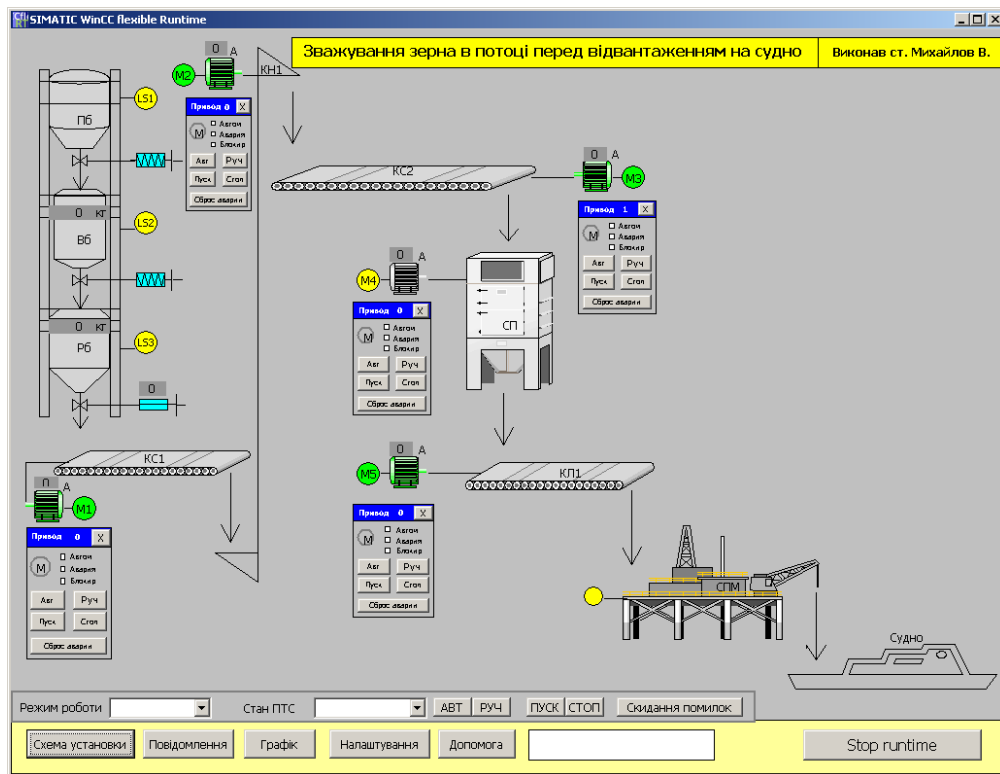


Рис. 7.9 – Загальний вигляд екрану «Схема установки»
при нормальній роботі.

Екран «Допомога».

Екран «Допомога» розроблений як вікно допомоги оператору. На цьому екрані розшифровані умовні позначення, кольору і літерні позначення, які використовуються в основному екрані «Схема установки».

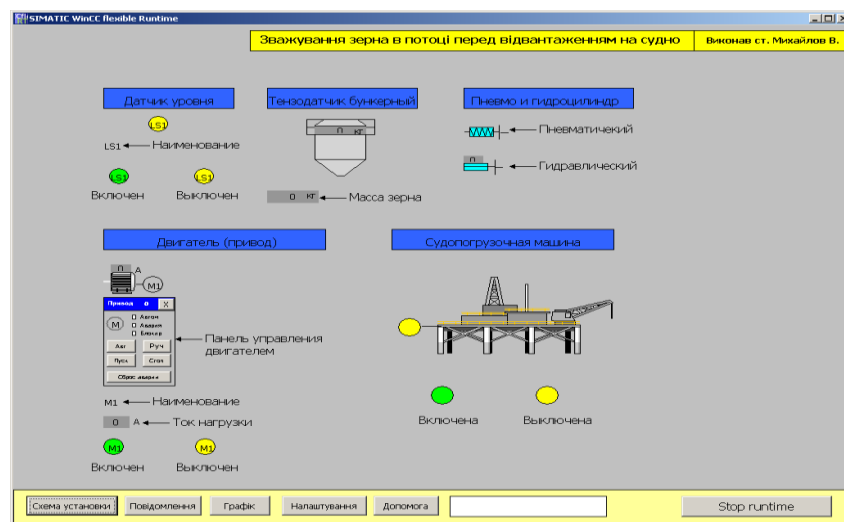


Рис.7.10 – Загальний вигляд екрану «Допомога».

Вивчивши умовні позначення, оператор зможе однозначно інтерпретувати поточний стан двигуна за його екранній формі. Вивчення цього екрану особливо актуально для нових, які тільки приступили до роботи, операторів.

Графіки зміни технологічних параметрів.

Для реєстрації змін основних технологічних параметрів в проєкті передбачено вікна побудови графіків зміни маси. Для побудови графіків використовується елемент «Trend View» із стандартної бібліотеки SCADA - системи WinCCFlexible. На малюнку 7.11 представлений вікно реєстрації маси, а на малюнку 7.12 приклад налаштування елемента «Trend View» і його прив'язки до тегів контролера.

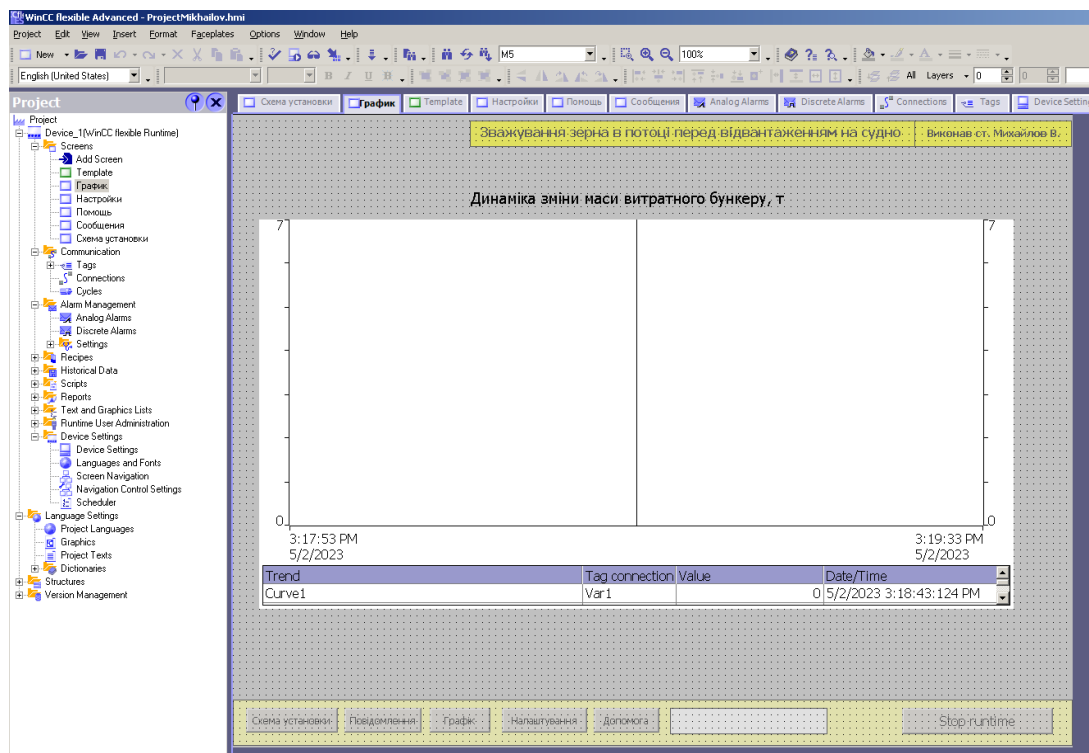


Рис.7.11 – Екран реєстрації зміни маси.

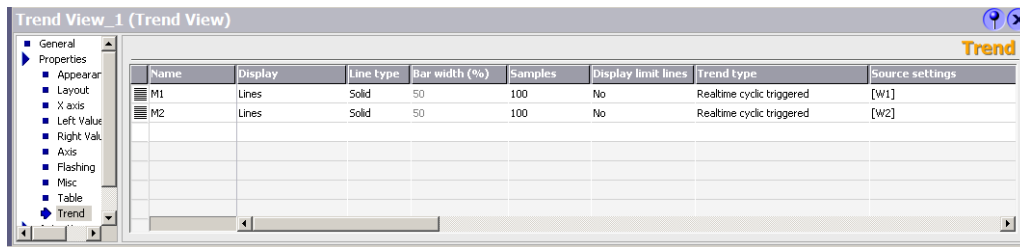


Рис.7.12 – Приклад налаштування елемента «Trend View».

На рис. 7.13 представлені графіки зміни маси витратного бункера під час його заповнення зерном.

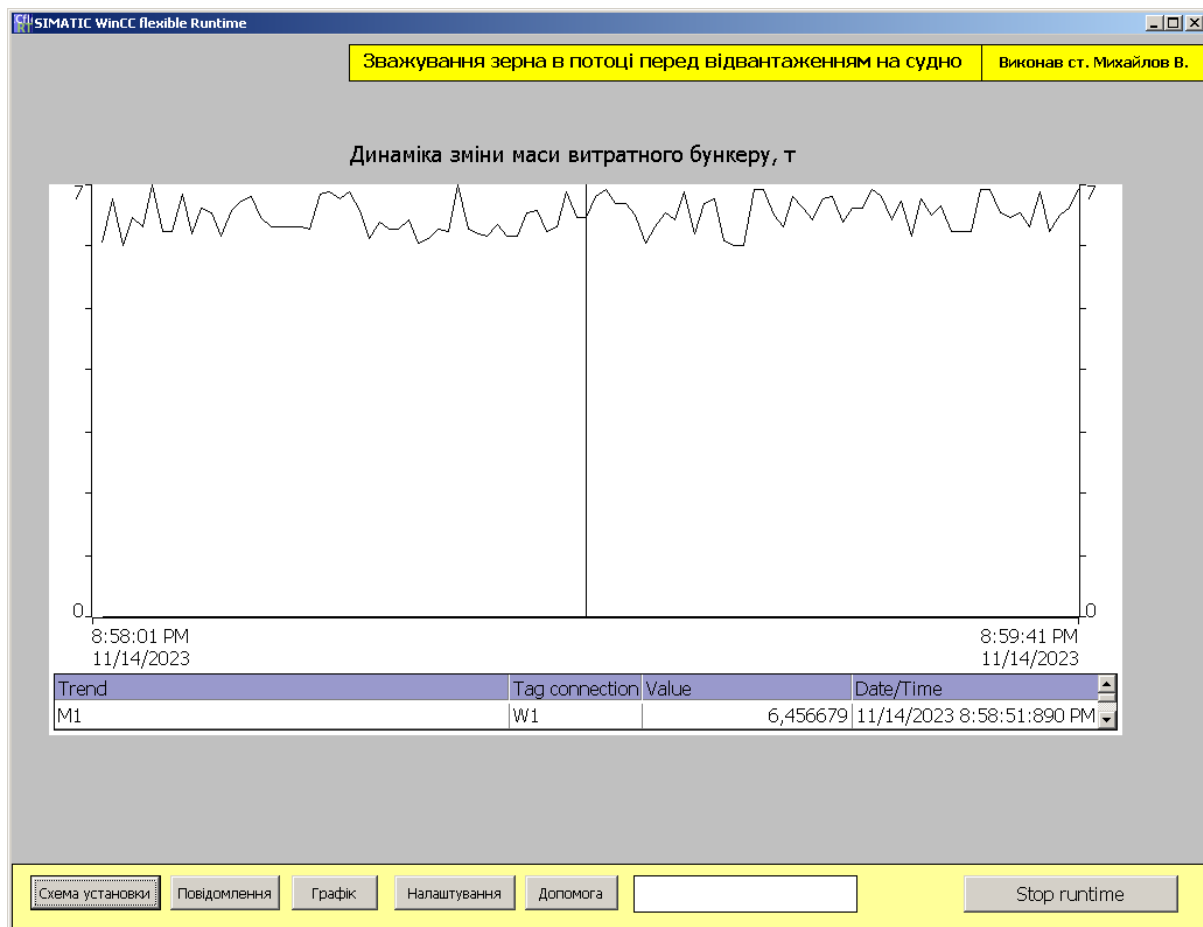


Рис. 7.13 – Графіки зміни маси витратного бункера.

Діагностичні повідомлення.

Для інформування оператора про стан технологічного процесу і події виникають з обладнанням процесу відвантаження зерна на судна в проекті створена система повідомлень з використанням відповідного редактора SCADA - системи WinCCFlexible. Система повідомлень включає повідомлення обумовлені користувачем і системні повідомлення. Повідомлення, обумовлені користувачем, розділені на дискретні і аналогові і належать класам «Warnings» (попередження) і «Errors» (помилки). Повідомлення класу «Errors» інформують про критичні або небезпечних робочих станах заносяться в архів. Фрагменти списків дискретних і аналогових повідомлень, класів повідомлень представлені на малюнках 7.14 - 7.16.

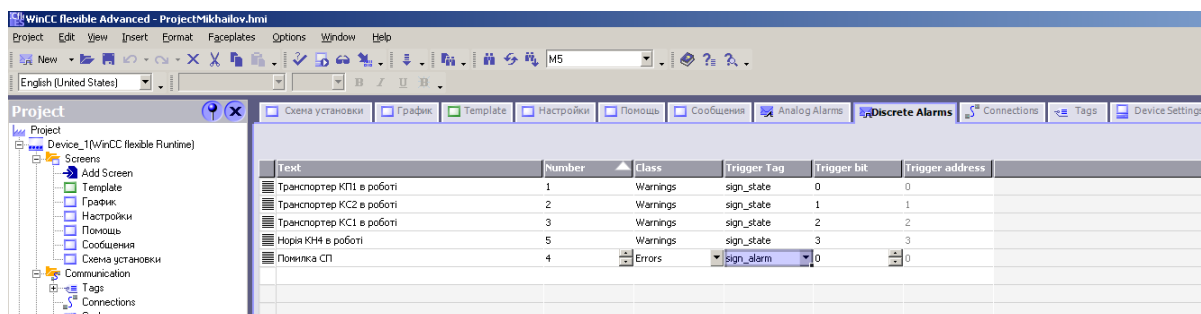


Рис.7.14 – Фрагмент вікна редактора дискретних повідомлень.

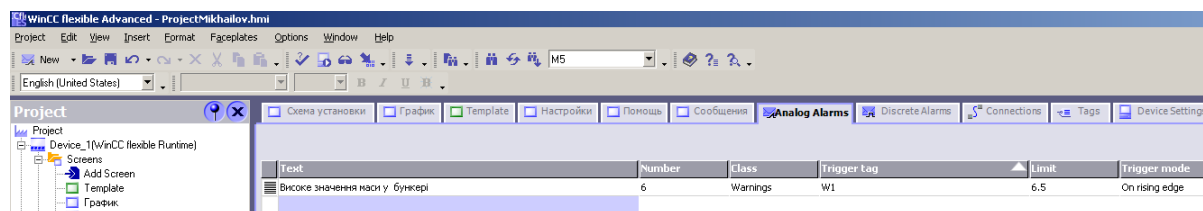


Рис.7.15 – Фрагмент вікна редактора аналогових повідомлень.

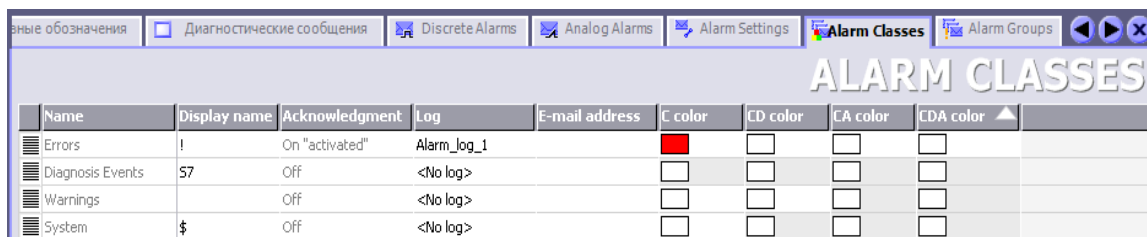


Рис. 7.16 – Загальний вигляд вікна класів повідомлень.

Відображення повідомлень на екрані виконується за допомогою елемента «Alarm View», який може бути налаштований на виведення поточних активних повідомлень, вмісту буфера повідомлень, вмісту архіву повідомлень. При цьому можуть виводитися на екран повідомлення різних класів. На малюнку 7.17 представлений приклад екрану з елементами «Alarm View» налаштованими на виведення поточних активних робочих повідомлень і повідомлень про несправності, а на малюнку 7.18 представлено вікно властивостей елемента «Alarm View» налаштованого на виведення поточних активних повідомлень про несправності, що відносяться до класу «Errors».

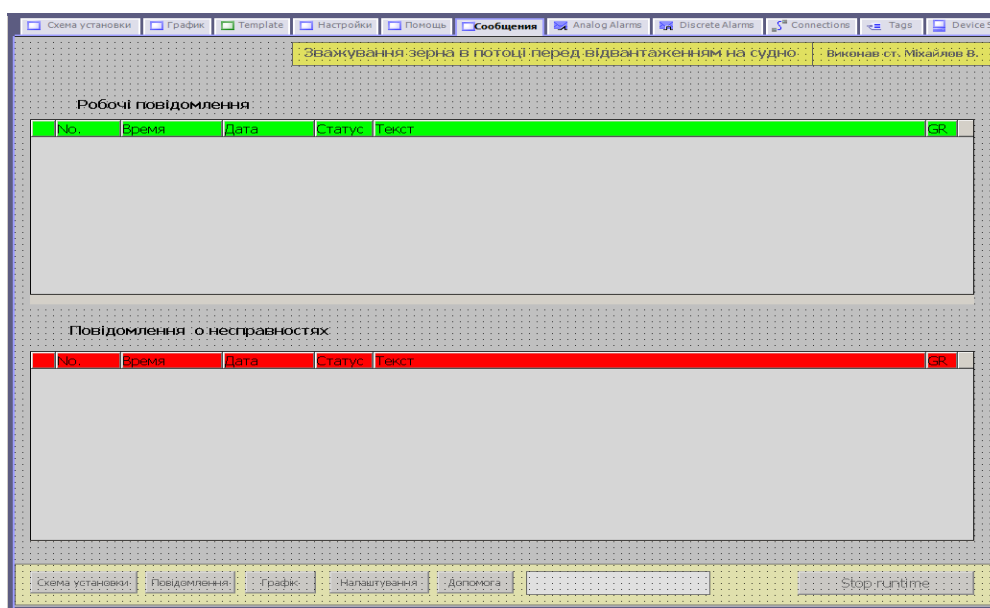


Рис.7.17 – Загальний вигляд екрану виведення поточних активних діагностичних повідомлень.

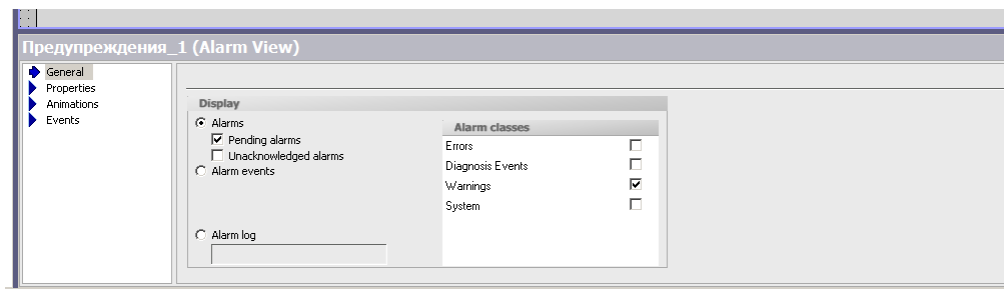


Рис. 7.18 – Загальний вигляд вікна налаштування властивостей елемента виведення повідомлень «Alarm View».

На рисунку 7.19 представлено екран, що демонструє роботу системи повідомлень для повідомлень, що визначаються користувачем.

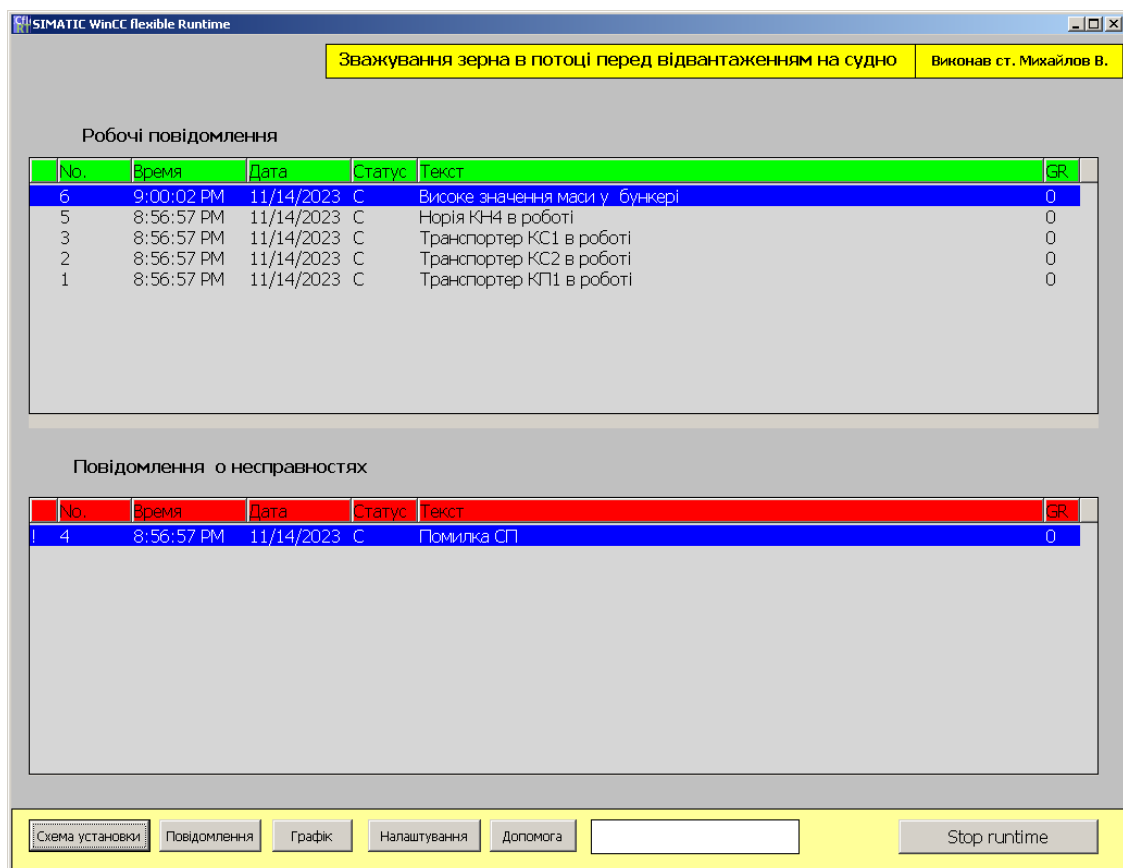


Рис.7.19 – Загальний вигляд екрану з поточними повідомленнями.

7.3. Конкретизація функцій і структури екранів АРМ наладчика САУ

Робоче місце наладчика системи автоматичного керування процесу відвантаження зерна на судна повинно передбачати наявність набору функцій, які максимально охоплюють і забезпечують можливість виконання його професійних обов'язків.

Виходячи з цього, екрани автоматизованого робочого місця наладчика повинні надавати можливість виконання наступних завдань:

1. Управляти контурами регулювання:
 - Відображати поточні та задані значення регульованих перемінних;
 - Відображати поточні значення керуючих впливів;
 - Міняти значення настроювальних параметрів регуляторів;
 - Міняти задані значення регульованих змінних;
 - Перемикаєти режими роботи регуляторів АВТ / РУЧ і формувати управляючі дії в ручному режимі.
2. Задавати значення затримок часу для таймерів, що використовуються в алгоритмах пуску і зупину.
3. Задавати значення затримок часу для спрацьовування датчиків положення клапанів.
4. Задавати значення затримок часу для спрацьовування датчиків зворотного зв'язку стану двигунів.
5. Задавати граничні значення технологічних параметрів.
6. Виконувати адміністрування користувачів системи.
7. Виконувати аналіз системних повідомлень.

В зв'язку з цим в проекті, для реалізації АРМ наладчика передбачено слідуєчі екрани:

1. Налаштування САК.

2. Реєстрація.

Програмна реалізація цих екранів у SCADA - системі WinCCFlexible представлена в наступному розділі.

7.4. Розробка екранів АРМ наладчика САК.

Налаштування САК.

Для виконання завдань налаштування контурів регулювання, тайм аутів на спрацьовування датчиків положення, тимчасових затримок для алгоритмів керування пуском і зупинкою, граничних значень технологічних параметрів у проекті передбачений екран «Налаштування САК» для зміни налаштувань САК (рис.7.20). Зокрема на екрані передбачено віртуальну станцію керування контуром регулювання маси витратного бункера, та можливість задати часові тайм-аути для спрацювання магнітних пускачів двигунів та інших датчиків контролю стану обладнання поточно-транспортної лінії.

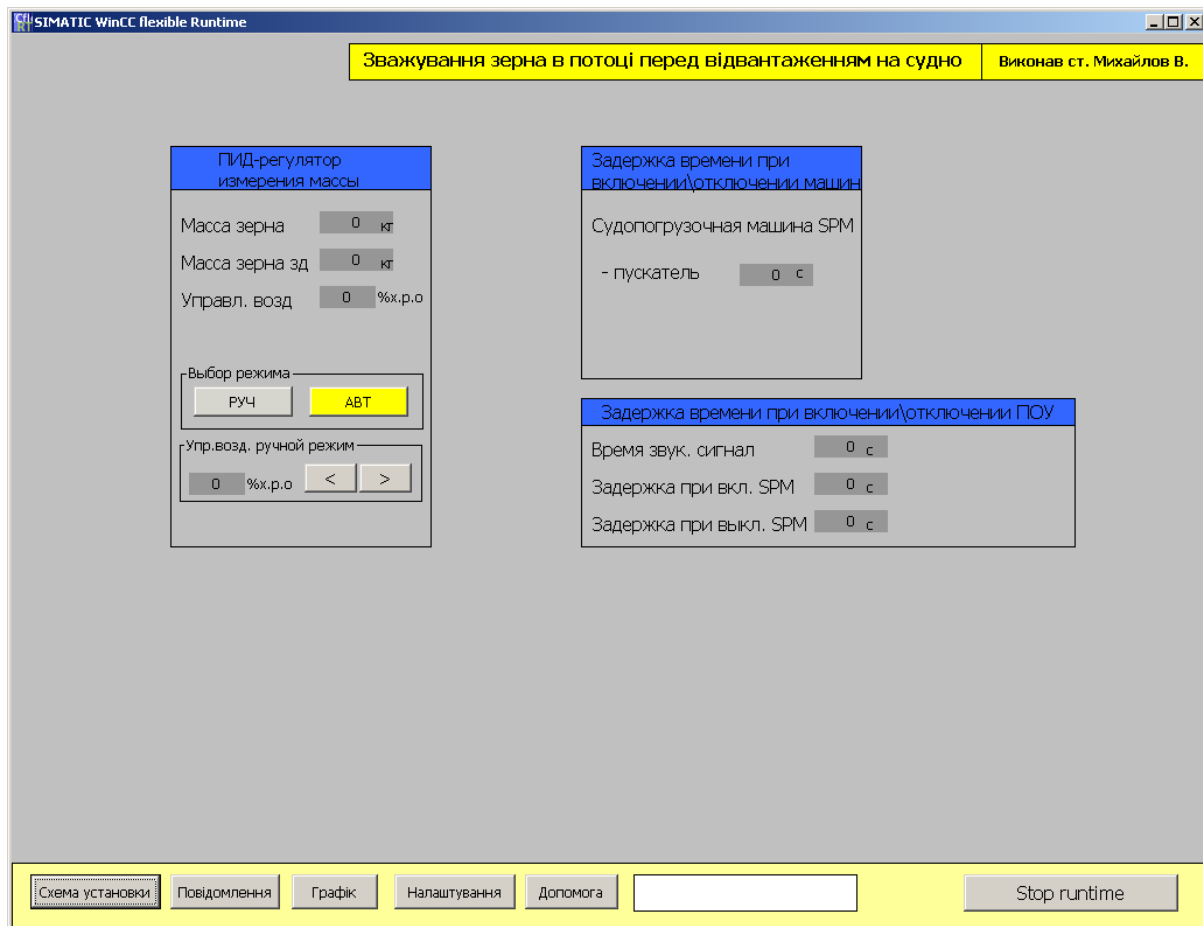


Рис.7.20 – Загальний вигляд екрану «Налаштування САК».

Екрани реалізовані з використанням елементів «IO Field», «Button», «Text Field» стандартної бібліотеки SCADA - системи WinCCFlexible. Всі кнопки і поля введення / виведення прив'язані безпосередньо до тегам в контролері і дозволяють змінювати їх значення.

Список користувачів.

Екран «Реєстрація» (рис. 7.21) надає настройщику можливість виконувати роботу зі списком користувачів. Змінювати імена, паролі, групи існуючих користувачів. Додавати і видаляти користувачів системи. Реалізовано екран на основі елемента «User View».

Пользователь	Пароль	Группа	Время выхода
Admin	*****	Group (9)	5
PLC User	*****	Неправомо...	5
User1	*****	Group (1)	5

Рис. 7.26 – Загальний вигляд екрану «Реєстрація» з елементом «User View» при роботі програми.

7.5 Висновок за розділом

При виконанні розділу в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесу керування витоком зерна з підвісового бункера до лінії завантаження суден. АРМ дозволяє контролювати хід технологічного процесу, задавати режими роботи, здійснювати перемикання режимів управління обладнанням поточно-транспортної лінії (АВТ / РУЧ) і керувати в ручному режимі окремим обладнанням, проводити налаштування і налагодження САК. Відображати динаміку зміни технологічних параметрів, вести журнали подій, проводити адміністрування користувачів програми.

РОЗДІЛ 8. РОЗРОБКА ФРАГМЕНТІВ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САК ТА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ БЕЗПЕКИ

8.1 Опис функціональної схеми автоматизації

Зерно поступає з лінії прийому з ж/д транспорту у прийомний бункер бункерних ваг, верхній рівень заповнення прийомного бункера сигналізується датчиком рівня LS 1 (6а) з лампочкою (6б), його сигнал поступає прямо на дискретний вхід DI ПЛК. Після цього спрацьовує виконавчий пневматичний механізм (1в), в щиті має вигляд ЕР (2в), сигнал якого поступає на аналоговий вихід АО ПЛК а також кінцевий вимикач GS 1 (3а) з лампочкою (3б), сигнал якого поступає на дискретний вхід DI ПЛК. Таким чином відкривається перша пневматична задвижка і зерно починає зсипатись у ваговий бункер. Спрацьовує одразу тензодатчики (датчики ваги) WE1,2 (1а), в щиті виконані як WY (1б), аналоговий вхідний сигнал котрих поступає в ПЛК, за цим, після заповнення бункерних вагів які розраховані на 10 т, спрацьовує верхній датчик рівня LS2 (7а) з лампочкою (7б), його дискретний вхідний сигнал DI одразу спрямовується в ПЛК. Після цього спрацьовує виконавчий пневматичний механізм (2в), в щиті має вигляд ЕР (2в), сигнал якого поступає на аналоговий вихід АО ПЛК а також кінцевий вимикач GS 2 (4а) з лампочкою (4б), сигнал якого поступає на дискретний вхід DI ПЛК.

Таким чином відкривається друга пневматична задвижка і зерно починає зсипатись у витратний (підвісовий) бункер. Спрацьовує одразу тензодатчики (датчики ваги) WE3,4 (2а), в щиті виконані як WY (2б), аналоговий вхідний сигнал AI котрих поступає в ПЛК, за цим, після заповнення бункера, спрацьовує верхній датчик рівня LS3 (8а) з лампочкою (8б), його дискретний вхідний сигнал DI одразу спрямовується в ПЛК.

Після цього спрацьовує виконавчий пневматичний механізм (2г) , в щиті має вигляд ЕР (2в) , сигнал якого поступає на аналоговий вихід АО ПЛК а також кінцевий вимикач GS 3 (5а) з лампочкою (5б), сигнал якого поступає на дискретний вхід DI ПЛК.

Таким чином відкривається регульована третя пневматична задвижка і зерно починає потрапляти на конвеєр.

Вихідний дискретний DO сигнал двигуна М1 (14) цього конвеєра потрапляє у ПЛК. Надалі наступні двигуни машин мають типові виконання з такими самими сигналами які потрапляють в ПЛК. З останньої машини (конвеєра) зерно потрапляє на судно.

8.2 Опис принципової електричної схеми електроприводу

Живлення від мережі подається на клема SS (силового щита) , встановлений трьохфазний автоматичний вимикач, контакти контактора, далі клема від котрих йде кабель W8 до двигуна. Керування по місцю здійснюється завдяки тому що подається живлення через автоматичний вимикач Q2. Далі напруга проходить через аварійну кнопку яку встановлено по місцю, через кнопку СТОП на щиті (грибовидна з фіксацією) , далі ключ вибору режиму S2 на щиті і кнопку ПУСК , та потім потрапляє до катушки контактів .

Проміжні точки реле К1 та К2 для організації подачі сигналів в контролер. Для цього живлення 24В приходить із шафи автоматики. Якщо пропаде сигнал напруги то відповідно спрацює реле К2, цей сигнал потрапить до шафи автоматики. Якщо буде ПУСК то спрацює К1 аварійний стоп .Якщо буде сигнал Q3 спрацює контактор.

Якщо буде повернутий ключ вибору режиму S3, то його додатковий контакт відкриє локальний режим. Якщо переключити місцевий режим, оператор бачить що виконуються роботи по місцю. Контролер вимкнений і працюють кнопки ПУСК/СТОП по місцю.

8.3 Опис принципової електричної схеми живлення

В шафу автоматики напруга із однієї з фаз подається на контакти, далі через двосекційний вимикач напруга потрапляє на обмотку розподільного трансформатора, його функція – видалити постійні складові можливих завад. Із вторинної обмотки трансформатора через автоматичні перемикачі Q3, напруга потрапляє на два ідентичні блоки живлення G1 та G2. Перший блок живлення використовується для живлення контролера зовнішніх ланок. Другий блок живлення застосований для живлення панелі оператора. Запобіжники f2 та f3 виконують функцію захисту від короткого замикання G1 та G2. Для того щоб підключити при необхідності паяльник для роботи, в нас встановлені розетки які підключаються через диференціальний вимикач Q2 налаштований на 30мА.

8.4 Техніка безпеки

Організаційно -технічна підготовка монтажних робіт

Монтажу систем автоматизації повинна передувати підготовка згідно зі СНиП 3.01.01-85 і справжніми правилами.

У складі загальної організаційно -технічної підготовки повинні бути визначені замовником і узгоджені з генпідрядником і монтажною організацією:

а) умови комплектування об'єкта приладами, засобами автоматизації, виробами і матеріалами поставки замовника, що передбачають поставку їх на технологічний блок. вузол, лінію;

б) перелік приладів, засобів автоматизації, агрегатних і обчислювальних комплексів АСУ ТП, монтованих із залученням Шефмонтажні персоналу підприємств -виробників;

в) умови транспортування блоків щитів, пультів, групових установок приладів , трубних блоків до місця монтажу.

При підготовці монтажної організації до виробництва робіт

повинні бути : а) отримана робоча документація ;

б) розроблений і затверджений проект виробництва робіт ;

в) зроблене приймання будівельної та технологічної готовності об'єкта до монтажу систем автоматизації;

г) зроблене приймання обладнання (приладів ,засобів автоматизації, щитів, пультів , агрегатних і обчислювальних комплексів АСУ ТП) , виробів і матеріалів від замовника та генпідрядника ;

д) вироблена укрупнювального збирання вузлів і блоків ;

е) виконані передбачені нормами і правилами заходи з охорони праці та протипожежної безпеки.

До початку монтажу систем автоматизації монтажною організацією спільно з генпідрядником та замовником повинні бути вирішені наступні питання:

а) встановлені випереджаючі терміни будівництва спеціальних приміщень, призначених для систем автоматизації , що забезпечують своєчасне проведення індивідуальних випробувань вводяться в дію технологічних ліній , вузлів і блоків;

б) визначено технологічні лінії , вузли , блоки і терміни їх передачі під індивідуальні випробування після виконання монтажу систем автоматизації;

в) передбачені необхідні виробничі майстерні , побутові та конторські приміщення, обладнані опаленням , освітленням та телефоном;

г) розроблено рекомендації та схеми підйому великогабаритних вузлів на проектні відмітки та їх переміщення через монтажні прорізи ;

д) передбачені постійні або тимчасові мережі , що підводять до об'єктів електроенергію , воду , стисле повітря , з пристроями для підключення обладнання та інструменту ;

е) передбачені у відповідності з проектом (робочим проектом) заходи, що забезпечують захист приладів і засобів автоматизації , щитів, пультів ,трубних і електричних проводок від впливу атмосферних опадів,грунтових вод і низьких температур , від забрудненні і пошкоджень , а засобів обчислювальної техніки - і від статичної електрики.

У робочій документації систем автоматизації , прийнятої до виробництва робіт, монтажна організація повинна перевірити наступне:

а) взаємозв'язки з технологічної, електротехнічної , сантехнічної та іншої робочою документацією ;

б) прив'язки у робочих кресленнях приладів і засобів автоматизації,що поставляються підприємствами-виробниками;

в) врахування вимог високої заводської і монтажної готовності обладнання , передових методів монтажних робіт , максимального перенесення трудомістких робіт в монтажно -заготівельні майстерні;

г) вказівки категорій трубних проводок у відповідності з рекомендованим додатком 2 ;

д) наявність вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зон та їх межі , категорії , групи та найменування вибухонебезпечних сумішей; місця установки роздільних ущільнень і їх типи ;

е) наявність документації на виконання робіт з монтажу та випробуванню трубних проводок на тиск понад 10 МПа (100 кгс/см²).

Приймання будівельної та технологічної готовності до монтажу систем автоматизації слід здійснювати поетапно за окремими закінченими частинами об'єкта (диспетчерські, операторські приміщення, технологічні блоки, вузли, лінії і т. п.).

Поставка на об'єкт виробів і матеріалів організацією, монтують системи автоматизації, повинна здійснюватися, як правило, за допомогою контейнерів.

В залежності від виконуваної роботи електромонтажника забезпечують наборами індивідуального інструменту. В даний час для електромонтажних робіт заводи випускають такі типові набори інструменту: НИЭ-3 — загального призначення; МКІ-3 — для монтажу кабельних ліній; НІСО і НІОМ — для обпресування наконечників; НСПУ — для пропановоздушної пайки; НДО — для зварювання гнучкої ошиновки НІК-4 — для монтажу вторинних ланцюгів.

У набір інструментів загального призначення входять наступні інструменти: плоскогубці комбіновані ППІ-200 з ізолюючими чохлами, гострогубці (кусачки) з ізолюючими чохлами, кліщі універсальні КУ-1, молоток слюсарний з дерев'яною ручкою, ніж монтерський, викрутки (В100х0,3; В150х0,5; В175х0,7; В200х1), метр (сталевий та дерев'яний), шило монтерське, ключ розвідний, сталевий шпатель, гипсовка гумова, покажчик напруги І-192, пробник, окуляри захисні світлі, шнур розмічальний (довжиною 15м).

Кліщі КСІ-1 використовують для зняття ізоляції з круглих дротів і шнурів перетином 1,5 і 2,5 мм², а також для їх відкушування.

Кліщі універсальні КУ-1 застосовують при обробці одножильних, дво- та трьохжильних кабелів усіх марок перерізом 1,5 ; 2,5; 4 мм².

Термоклещі ТК-1 використовують для зняття пластмасової ізоляції на будь-якій ділянці дроту. Кліщі забезпечені вилкою для включення в електричну мережу напругою 36 Ст.

Ніж монтерский НМ-2 складаний з запобіжником від самоскладывання призначений для зняття паперової ізоляції з проводів, кабелів, для зачистки жив і інших аналогічних робіт.

При монтажі широко використовують електричні і пневматичні гайковерти для загортання, затягування і викручування болтів і гайок, що дозволяє підвищити продуктивність праці порівняно з виконанням цих операцій вручну в середньому в 5 разів.

Електричні шуруповерти та гайковерти за характером затягування відносяться до двох груп: перша група — інструменти, в яких обертальний момент передається безпосередньо від двигуна до шпинделя; друга група — електрогайковерты з нерегульованим крутним моментом. Інструменти другої групи мають муфти, які перетворюють крутний момент, що передається від вала ротора, у обертально-ударні імпульси.

В даний час часто використовують пневматичні гайковерти реверсивні ударно-обертальної дії. Широке застосування при монтажі отримали серійно виготовляються механізовані шліфувальні інструменти для очищення металоконструкцій від іржі, підготовки поверхонь під зварювання, а також для шліфування та полірування різних поверхонь.

Рациональне використання механізованого шліфувального інструменту в значній мірі залежить від того, наскільки його параметри відповідають умовам виконуваної роботи.

Так, для легких точних робіт доцільно застосовувати шліфувальні малогабаритні інструменти ІЕ-6103 і ІП-2009А, які забезпечують досить високу продуктивність при проведенні доводочних робіт, развалка паросточок у корпусів і кришок підшипникових опор, пригону площин, роз'єми підшипникових опор, доведення робочих поверхонь і т. д.

Для свердління гнізд у цегляних і гіпсолітових підставах під коробки прихованої проводки застосовують коронки КГС, для свердління отворів — спіральні свердла з твердосплавними напайками, для глибоких отворів — свердла з кручений сталі, кільцеве свердло (СК) зі штангою, перехідним хвостовиком і втулкою, буріки і т. п.

При виготовленні отворів в будівельних основах з бетону, цегли та інших матеріалів застосовують електросверлильні ручні машини на напругу 220 В з подвійною ізоляцією або на 36 У в комплекті зі спеціальним перетворювачем, який не тільки знижує напругу, але і підвищує частоту до 200 Гц.

Електросверлильні ручні машини по конструкції поділяють на три групи: з однією рукояткою пістолетного типу — для свердел діаметром 9мм; з двома рукоятками — центральної (закритою) і бічний — для свердел діаметром 10...16мм; двома боковими ручками і грудним упором — для свердел діаметром більше 16мм.

Успішно застосовують також пневматичні свердлильні інструменти, які обладнані ротаційними двигунами. Вони більш компактні і легше електричних.

При виконанні комплексу монтажних операцій: Zenкування отворів, загвинчування і відгвинчування різьбових з'єднань, нарізування різьби, зачищення зварних швів, прямолінійною і фасонної різання листового металу і очищення поверхонь від окалини, іржі і старої фарби слід

застосовувати механізований інструмент УПМ-0,3, який комплектують свердлувальним патроном для загвинчування шпильок, радіальної та торцевої дротяними щітками.

Для очищення поверхні від іржі, окалини, старої фарби і виконання інших технологічних операцій при проведенні монтажу обладнання широке застосування отримала механізована щітка, впровадження якої дозволило підвищити продуктивність праці на цих операціях на 25 %. Щітка складається з пневматичної реверсивного двигуна, пускового пристрою, кутовий головки і дротяної щітки з кожухом. Реверсивність механізованого інструменту значно підвищує термін служби дротяної щітки і збільшує продуктивність.

Для пробивних робіт електромонтажники використовують також механічні та електрофугальні молотки (ударні), наприклад ИЭ-4207 з подвійною ізоляцією і ручні електричні перфатори (ударно-обертальні), наприклад ИЕ-4709 або ИЕ-4713, призначені для пробивання отворів у бетоні та залізобетоні.

З допомогою електричних молотків та перфаторів можна виконувати різноманітні операції: свердлення отворів по металу; ударно-обертальне буріння отворів в бетоні, цеглі .

Для кріплення конструкцій, виробів і деталей часто застосовують поршневий піротехнічний монтажний пістолет ПЦ-52. Забивання дюбеля він здійснює ударом поршня переміщається в стволі пістолета за рахунок тиску порохових газів.

При фіксації дюбеля в направник пістолета на його циліндричну частину насаджують сталеву шайбу або використовують поліетиленовий наконечник. В якості джерела енергії використовують малогабаритні монтажні патрони (6,8 мм), заряджені бездимним порохом.

Електричні і пневматичні ножиці застосовують для прямолінійного і фасонної різання листової сталі середньої твердості і листів з кольорових металів.

Монтажні механізми і машини, що вимагають для свого обслуговування спеціально прикріпленого до них персоналу і використовуються при виконанні транспортних, такелажних, вантажно-розвантажувальних та інших робіт (трейлери, трактори, автомобільні крани, автовишки), відносять до засобів великої механізації.

Вищою формою механізації робіт є комплексна, тобто заміна ручної праці механізованим на всіх операціях відповідного технологічного процесу. Механізація робіт, при якій монтажні технологічні процеси виконують комплексом механізмів, називається комплексною механізацією. При розробці схем комплексної механізації особливу увагу звертають на вибір найбільш раціональних методів виробництва робіт, засобів механізації та ефективних механізмів.

При наявності декількох різних комплексів механізмів їх вибір визначається техніко-економічними показниками. Засоби механізації, а також набір інструментів, найбільш часто використовуваних бригадою електромонтажників.

Індустріалізація електромонтажних робіт.

Під індустріалізацією монтажних робіт розуміється сукупність організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, скорочення термінів провадження робіт, поліпшення якості й зниження собівартості монтажних робіт шляхом виконання більшої частини заготівельних робіт у монтажно-заготівельних майстернях (виробничих базах) і промислових підприємствах (заводах).

Основне завдання індустріального повнозбірного монтажу полягає в тому, щоб винести з монтажної зони всі роботи з виготовлення виробів, конструкцій, вузлів і блоків на промислові підприємства й виробничі бази, максимально перетворивши монтаж у зборку й установку укрупнених і комплектних вузлів і блоків.

Повнозбірний монтаж здійснюється у дві стадії.

На першій стадії виконують організаційно-підготовчі роботи: вивчають проектно-кошторисну документацію, виготовляють проект провадження робіт, виконують заготівельні роботи (заготівля конструкцій, вузлів, блоків, їхня укрупнена зборка), погоджують із промисловими підприємствами поставку блокових щитів, окремих конструкцій і вузлів (стенди датчиків, штативи й т.п.). Одночасно із цими роботами перевіряють наявність закладних частин і прорізів у будівельних конструкціях й елементах будинків, наявність відбірних пристроїв на технологічному встаткуванні й трубопроводах, розмічають траси й встановлюють опорні конструкції для проводок і т.п. Роботи першої стадії виконують одночасно з основними будівельними й механомонтажними роботами.

Як показав досвід, на цій стадії робіт доцільно залучати пусконаладжувальний персонал для більш повного аналізу якості проектно-кошторисної документації; це дозволить уникнути можливих монтажних переробок у період пусконаладжувальних робіт.

На другій стадії виконують монтажно-збірні роботи безпосередньо на монтажній площадці: прокладають проводки по встановлених конструкціях, підключають трубні й електричні проводки до приладів, встановлюють і збирають трубні блоки, установлюють блоки щитів, вузлів кріплення й обв'язки приладів і засобів автоматизації.

На цій стадії особливо важлива своєчасна поставка укрупнених монтажних вузлів і блоків, раціональне розміщення й використання вантажопідйомних засобів як підрядною монтажною організацією, так і генпідрядником за графіком, а також оснащення монтажних бригад спеціалізованим інструментом і механізмами.

Другу стадію повнозбірного монтажу можна розділити на три основні етапи:

- 1) монтаж магістральних сполучних трубних й електричних проводок;
- 2) монтаж щитів і пультів в операторських (щитових) приміщеннях;
- 3) монтаж місцевих приладів.

Роботи другої стадії виконують після закінчення основних будівельних робіт паралельно з роботами суміжних монтажних організацій.

Повнозбірний монтаж повинен виконуватися при наявності будівельної й технологічної готовності об'єкта, що забезпечує безпечне ведення монтажних робіт, захист приладів, щитів і пультів, трубних й електричних проводок, що монтуються, від впливу атмосферних опадів, низьких температур, забруднень й ушкоджень.

Вимоги до проектної документації

Монтажні роботи виконують по проектно кошторисній документації, розробленої відповідно до «Інструкції про склад, порядок розробки, узгодження і затвердження проектно-кошторисної документації на будівництво підприємств, будинків і споруд» СН 202-81 і «Тимчасовими вказівками по проектуванню систем автоматизації технологічних процесів» ВСН 281-75. Проектування систем автоматизації здійснюється в

одну стадію - робочий проект зі зведеним кошторисним розрахунком вартості або в двох стадій:

- 1) проект зі зведеним кошторисним розрахунком вартості,
- 2) робоча документація з кошторисами.

До складу робочої документації входять: схеми автоматизації (функціональні схеми автоматизації по ВСН 281-75); принципові електричні, пневматичні схеми; схеми з'єднань і підключення зовнішніх проводок; загальні види щитів і пультів; таблиці з'єднань і підключення електричних і трубних проводок у щитах і пультах;

плани розташування засобів автоматизації і проводок; загальні види нетипових креслень на установку приладів і засобів автоматизації; специфікація устаткування (ГОСТ 21. 110-82); специфікація щитів і пультів; відомість вузлів і конструкцій; відомість типових креслень; локальний кошторис на придбання і монтаж технічних засобів автоматизації; пояснювальна записка.

Робоча документація автоматизації блоків технологічного устаткування повинна бути виконана відповідно до «Еталона монтажних креслень систем автоматизації промислових підприємств, проєктованих із застосуванням блоків агрегатованого устаткування» ЭТМ-78. У робочій документації блоків повинні бути передбачені сполучні пристрої (сполучні коробки для електропроводок, зборки з'єднувачів Для трубних проводок і т.п.) для підключення зовнішніх кіл системи автоматизації.

При розгляді проектно-кошторисної документації робіт особлива увага повинна бути звернена на наступні положення: робоча документація повинна бути виконана з орієнтацією на монтаж індустріальними методами і на максимальне виготовлення всіх необхідних конструкцій, вузлів і блоків за межами монтажною зони.

На плані розташування засобів автоматизації, електричних і трубних проводок, прилади і засоби автоматизації, що встановлюються поза щитами (на стінах, підлозі, колонах будинків, на відкритих площадках і т.п.), а також потоки електричних і трубних проводок, повинні бути координовані.

Прокладання електричних проводок у вибухо- та пожежобезпечних приміщеннях.

У пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і проводи повинні мати покрив і оболонку з матеріалів, що не поширюють горіння. Застосування кабелів з горючою поліетиленовою ізоляцією не допускається.

У пожежонебезпечних зонах будь-якого класу застосування неізольованих проводів забороняється.

У пожежонебезпечних зонах будь-якого класу дозволяються всі види прокладки кабелів і проводів. Відстань від кабелів та ізольованих проводів, що прокладаються відкрито безпосередньо по конструкціях на ізоляторах, лотках, тросах і т. п. до місць відкрито збережених (розміщуваних) горючих речовин, повинно бути не менше 1 м.

Прокладання незахищених ізольованих проводів з алюмінієвими жилами в пожежонебезпечних зонах будь-якого класу має проводитися в трубах і коробах.

По естакадах з трубопроводами з горючими газами і рідинами, що проходять по території з пожежонебезпечної зони класу II-III, допускається прокладання ізольованих проводів у сталевих трубах, неброньованих кабелів в сталевих трубах і коробах, броньованих кабелів відкрито.

При цьому сталеві труби електропроводки, сталеві труби та короби з неброньованими кабелями та броньовані кабелі слід прокладати на відстані не менше 0,5 м від трубопроводів, по змозі з боку трубопроводів з негорючими речовинами.

Для пересувних електроприймачів повинні застосовуватися переносні гнучкі кабелі з мідними жилами з гумовою ізоляцією, в оболонці, яка стійка до навколишнього середовища.

З'єднувальні і відгалужувальні коробки, застосовувані в електропроводках в пожежонебезпечних зонах будь-якого класу повинні мати ступінь захисту оболонки не менше IP43. Вони повинні виготовлятися зі сталі або іншого міцного матеріалу, а їх розміри повинні забезпечувати зручність монтажу і надійність з'єднання проводів.

Частини коробки, виконані з металу, повинні мати всередині ізолюючу викладку або надійну забарвлення. Пластмасові частини, крім застосовуваних у груповій мережі освітлення, повинні бути виготовлені з важкогорючою пластмаси.

У пожежонебезпечних зонах класів П-I, П-II та П-IIa допускається застосування шинопроводів до 1 кВ з мідними і алюмінієвими шинами зі ступенем захисту IP20 і вище, при цьому в пожежонебезпечних зонах П-I і П-II всі шини, у тому числі і шини відгалуження, повинні бути ізольованими. У шинопроводах зі ступенем захисту IP54 і вище шини допускається не ізолювати.

Нерозбірні контактні з'єднання шин повинні бути виконані зварюванням, а розбірні з'єднання - із застосуванням пристосувань для запобігання самовідгвинчування.

Температура всіх елементів шинопроводів, включаючи відгалужувальні коробки, що встановлюються в пожежонебезпечних зонах класу П-I, не повинна перевищувати 60°C.

Прокладка електричних проводок при мінусових температурах.

Незалежно від марки і місця прокладання кабелів усередині приміщень або поза їх прокладання кабелів проводять, як правило, при плюсовій температурі навколишнього повітря.

У холодну пору слід перенесення і кладку броньованого та не броньованого кабелю з паперовою ізоляцією без попереднього прогріву прокладають тільки в тому випадку, коли температура повітря протягом 24 год до початку прокладки не знижувалася хоча б тимчасово нижче 0°C. При необхідності прокладки кабелю при більш низьких температурах кабелі попередньо прогрівають.

Спосіб прогріву кабелю вибирають у відповідності з місцевими умовами. Барабани з кабелем поміщають в опалювальне приміщення, спеціальні тепляки, або прогрівають електричним струмом. При прогріві кабелю з барабанів видаляють обшивку.

Тривалість-прогріву кабелю залежить від температури повітря в приміщенні. Наприклад, при сталій температурі 20-30°C на прогрівання кабелю витрачається не менше 36 год. Для скорочення часу прогріву, що знаходиться в приміщенні кабелю, здійснюють циркуляцію нагрітого в калорифері повітря.

Прогрівання кабелю (на барабані) електричним струмом виробляють у встановлюваних поблизу від місця укладання кабелю брезентовому наметі або під спеціальним повстяно-брезентовим капотом. Барабан з кабелем встановлюють на кабельні домкрати або козли з таким розрахунком, щоб після закінчення прогріву, кабель можна було негайно розкачати і укласти на місце.

В якості джерела струму застосовують спеціальні трифазні трансформатори потужністю 15-25 ква, загальмовані асинхронні двигуни відповідної потужності, які використовуються в якості

автотрансформатора і зварювальні трансформатори. Для прогріву кабелю трифазним струмом кінці жил кабелю з одного боку з'єднують разом. На місце сполук напоюють свинцевий ковпачок з таким розрахунком, щоб дно ковпачка не доходило до торців жил на 40-50 мм, так як при меншому відстані жили кабелю (до дна ковпачка) під час прокладки можуть його розірвати. На іншому кінці кабелю обробляють тимчасову кінцеву закладення і звільнені жили кабелю підключають до джерела струму. Прогрівання кабелю здійснюють за схемою. Після закінчення прогріву кабелю кінцеву закладення відрізають і для герметизації кабелю на кінець кабелю напоюють свинцевий або пластмасовий ковпачок.

При прогріві кабелю стежать за режимом прогріву за приладами, не допускаючи перевищення величини встановленого для даного кабелю струму.

Для контролю за температурою прогріву між двома верхніми витками кабелю щільно до броні або свинцевій оболонці прикріплюють термометр. Температура броні або свинцевої оболонки зовнішнього витка кабелю на барабані в кінці прогріву не повинна перевищувати 20°C при температурі зовнішнього повітря -10°C . Середня тривалість прогріву кабелю довжиною 250-350 м в залежності від температури повітря і перерізу жил кабелю становить 1-3,5 ч. Якщо в траншеї одночасно прокладають кілька кабелів, можна прогрівати одночасно два і більш барабанів, з'єднавши їх послідовно з трансформатором. Для з'єднання жил окремих кабелів на їх кінцях обробляють тимчасові кінцеві закладення.

Після закінчення прогріву кабелю і герметизації його кінців необхідно кабель укласти протягом не більше 1 год при температурі від 0 до -10°C і не більше 40 хв при температурі від -10 до -20°C . Якщо закінчити прокладання кабелю за цей час не представляється можливим, то роботи виконують з постійним прогріванням кабелю або з інтервалами, що не перевищують 40 хв.

Заправка кабелю та дроту в штепсельні колодки та в коробки для з'єднання.

Існує кілька різних способів з'єднання проводів: звичайна скрутка з шаром ізоляційної стрічки (або термоусадкою), скручування зі зварюванням кінців проводів, скрутка з ЗІЗ (наконечник з пружиною), з'єднання за допомогою затискачів Wago.

Штепсельні силові роз'єми представляють собою електричні контактні сполуки, які при необхідності легко можна під'єднати або роз'єднати між собою не вдаючись до спеціальних операцій (достатньо просто вставити штепселя один в одного або, навпаки, їх між собою роз'єднати).

Найпоширенішим прикладом електричних силових роз'ємів є звичайна штепсельна розетка.

У якісних штепсельних силових роз'ємах корпус повинен бути зроблений з пластмаси (високоміцної) не підтримує горіння, також володіє протиударною силою і відмінним ізолюючим здатністю.

Саме ж підключення електричних силових роз'ємів схоже з звичайним підключенням однофазних побутових розеток та штепсельних вилок, з цієї причини особливих труднощів це викликати не повинно. Живильна електрична напруга, за аналогією зі звичайною зв'язкою «вилка-розетка», подається на розетку (мама) силового штепсельного роз'єму, а воно знімається, і надходить на електричну навантаження, з виделки (тато)

роз'єму. З'єднання відповідних проводів з контактами роз'ємів робиться за допомогою гвинтових затискачів на клемах.

Проходи кабелів через стіни та перекриття.

Проходи неброньованих кабелів, захищених і незахищених проводів через неспалимі стіни (перегородки) і міжповерхові перекриття повинні бути виконані у відрізках труб, або в коробах, або отворах, а через спалимі — у відрізках сталевих труб.

Конструкція і ступінь захисту лотків і коробів, а також спосіб прокладки проводів і кабелів на лотках і в коробах.

Спосіб установки коробів не повинен допускати скупчення в них вологи. Застосовуються коробки для відкритих електропроводок повинні мати, як правило, знімаються або відкриваються кришки.

При прихованих прокладках слід застосовувати глухі коробки.

Кабелі, які прокладаються по горизонтальній конструкції, стін, перекриттів, фермах і т. п., слід жорстко закріплювати в кінцевих точках, безпосередньо у кінцевих муфт, на поворотах траси, з обох сторін вигинів і у з'єднувальних і стопорних муфт.

Відстані між опорними конструкціями приймаються у відповідності з робочими кресленнями. При прокладанні силових і контрольних кабелів з алюмінієвою оболонкою на опорних конструкціях з відстанню 6000 мм повинен бути забезпечений залишковий прогин в середині прольоту: 250-300 мм при прокладанні на естакадах і галереях, не менше 100-150 мм в інших кабельних спорудах.

Конструкції, на які укладають неброньовані кабелі, повинні мати виконання, що виключає можливість механічного пошкодження оболонок кабелів. У місцях жорсткого кріплення неброньованих кабелів зі свинцевої або алюмінієвої оболонкою на конструкціях повинні бути прокладені прокладки з еластичного матеріалу (наприклад, листові гума,

листової Полівінілхлорид); неброньовані кабелі з пластмасовою оболонкою або пластмасовим шлангом, а також броньовані кабелі допускається кріпити до конструкцій скобами (хомутами) без прокладок.

Кінці всіх кабелів, у яких в процесі прокладки порушена герметизація, повинні бути тимчасово загерметизовані до монтажу з'єднувальних і кінцевих муфт.

Проходи кабелів через стіни, перегородки і перекриття у виробничих приміщеннях та кабельних спорудах повинні бути здійснені через відрізки неметалевих труб. Зазори у відрізках труб, отворах і отвори після прокладки кабелів повинні бути закладені вогнетривким матеріалом, наприклад цементом з піском за об'ємом 1:10. глиною з піском — 1:3. глиною з цементом і піском — 1.5:1:11. перлітом спученим з будівельним гіпсом — 1:2 і т. п.. по всій товщині стіни або перегородки. Зазори в проходах через стіни допускається не закладати, якщо ці стіни не є протипожежними перешкодами.

Вводи кабелів у будинки, кабельні споруди та інші приміщення повинні бути виконані в азбестоцементних безнапірних трубах в відфактурованих отворах залізобетонних конструкцій. Кінці труб повинні виступати із стіни будівлі в траншею, а при наявності вимощення через лінію останньої не менш ніж на 0,6 м і мати ухил у бік траншеї.

Маркірування електропроводки.

Дроти і кабелі маркують літерами.

Перша літера. Матеріал жили: А – алюміній, мідь – літери немає.

Друга літера. В позначенні дроти: П – провід (ПП – плоский дріт), К – контрольний, М-монтажний, МГ – монтажний з гнучкою жилою, П(У) або Ш – установчий, в позначенні кабелю матеріал оболонки.

Третя буква. В позначенні проводу та кабелю – матеріал ізоляції жил: або ВР – полівінілхлоридна (ПВХ), П – поліетиленова, Р – гумова, Н

або НР - найритовая (негорюча гума), Ф – фальцьована (металева) оболонка, До - капронова, Л - лакована, МЕ - емальована, Про - оплетка з поліамідного шовку, Ш - ізоляція поліамідоного шовку, З - зі скловолонка, Е - екранована, Г - з гнучкою жилою, Т – з несучим тросом.

Гумова ізоляція проводу може бути захищена оболонками:

В — полівінілхлоридна, Н — найритовая. Літери В і Н ставляться після позначення матеріалу ізоляції проводу.

Четверта буква. Особливості конструкції. А - асфальтований, Б - броньованими стрічками, Г - гнучкий (провід), без захисного покриття (силовий кабель).

Приклади позначення:

ППВ 2х1,5-380 – дріт мідний, з ПВХ ізоляцією, плоский, двожильний, площа перерізу жили 1,5 мм, на напругу 380 Ст.

ВВГ 4х2,5-380 - кабель з мідними жилами в ПВХ ізоляції, в ПВХ оболонці, без захисного покриття, 4-жильний, з площею перерізу жили 2,5 мм, на напругу 380 Ст. углими дротами, в обплетенні, Т - для прокладки в трубах.

Крім буквених позначень, марки проводів, кабелів та шнурів містять цифрові позначення: перша цифра - число жил, друга цифра – площа перерізу, третя – номінальна напруга мережі. Відсутність першої цифри означає, що кабель або провід одножильні. Площі перерізу жив стандартизовані. Значення площ перерізів проводів, вибираються в залежності від сили струму, матеріалу жив, умов прокладки (охолодження).

В позначенні шнурів обов'язково повинна бути буква Ш.

Знаходження відповідних жил проводів і кабелів. Їх з'єднання між собою і для приєднання до затискачів апаратів і приладів називають продзвонкою. Ця операція проводиться після закінчення прокладання проводів і кабелів, встановлення вимикачів, світильників і розеток.

Монтаж регулюючих пристроїв.

Регулюючі органи (РО) і виконавчі механізми (ВМ) необхідно монтувати в суворій відповідності з проектом і робочими кресленнями, враховуючи важливу роль цих елементів в САР і їх вплив на роботу системи та її якісні показники. Основними типами РВ є клапани, засувки або заслінки. Як сервоприводів до них можна застосовувати залежно від виду енергоносія електричні, пневматичні і гідравлічні виконавчі механізми.

В залежності від типу РО та його ВМ вибирають їх розташування щодо регульованого об'єкта. Значне видалення РО від об'єкта викликає підвищений запізнювання в передачі регулюючого впливу.

При монтажі РО і ВМ слід забезпечити: зручність експлуатації і ремонту, можливість їх відключення без необхідності відключення технологічного трубопроводу або об'єкта, рівномірність і сталий режим потоку регульованої середовища в місці установки РВ, вільне переміщення рухомих частин, дотримання правил техніки безпеки. Перед монтажем необхідно перевірити відповідність встановлюються РО і ВМ їх проектним даним і характеристиками.

Електричні регулюючі органи монтують у відповідності з правилами монтажу електроапаратури.

Монтаж гідравлічних і пневматичних ІМ ведеться з урахуванням монтажно-експлуатаційних інструкцій. Основна увага приділяється герметичності трубних ліній, підвідних до ВМ сигнали тиску.

Монтаж електричних ВМ також ведеться у відповідності з інструкціями, причому особлива увага приділяється дотриманню правил пристрою електроустановок. Електричні проводки до НІМ виробляються так само, як і до приладів.

Після установки РО і ВМ перевіряють відповідність проекту або інструкції характеристик.

Часто виконавчі механізми САР забезпечуються, крім автоматичного, також дистанційним управлінням і показниками положення, що встановлюються на щиті. В системі дистанційного керування повинна бути також перевірена відповідність фактичних положень ВМ і РО положеннями ключа дистанційного управління, а також показаннями показника положення на щиті.

Техніка безпеки при монтажу приладів і засобів автоматизації.

Кріплення приладів на технологічному обладнанні і трубопроводах не повинні порушувати цілісність і роботоспроможність обладнання і трубопроводів, на яких вони встановлюються.

Забороняється виконувати: монтаж приладів масою більше 5 кг одним робітником; монтажні роботи на щитах до їх проектного закріплення; монтаж приладів з драбин.

В місцях установки приладів і засобів автоматизації, які важкодоступні для монтажу і експлуатаційного обслуговування, повинно бути до початку монтажу закінчено спорудження драбин, колодязів і площадок у відповідності з робочими кресленнями будівельної частини проекту.

Кріплення приладів і засобів автоматизації на несучих конструкціях (стінах, щитах і т.п.) виконуються стандартними кріпильними виробами без зірваних різьб, шпичів і граней з необхідною затяжкою різьбових з'єднань. При вібраціях в місцях встановлення приладів різьбові з'єднання повинні мати пристосування, які виключають самовільне їх відгвинчування (пружинні шайби, контргайки, шплінти і т.д.).

Матеріали прокладок і набивок, які необхідні при установці приладів і засобів автоматизації, повинні бути передбачені проектом у відповідності до умов роботи приладів і засобів автоматизації.

Заміна матеріалу, закладних конструкцій, карманів і т.д. і їх розмірів без дозволу проектної організації забороняється.

При перенесенні всі частини приладів, які відкриваються, повинні бути надійно закриті, а для рідинних приладів, рідина яка знаходиться в негерметичних ємкостях, повинна бути злита в спеціальну тару.

При індивідуальному опробуванні приладів і засобів автоматизації необхідно дотримуватися наступних заходів безпеки:

а) пробне включення електричних приладів та регуляторів (постановка схеми під напругу) необхідно виконувати тільки після ретельної перевірки правильності змонтованої схеми згідно проекту, надійності контактів на всіх приладах, апаратах і інших елементах схеми, а також після установки попереджувальних плакатів;

б) необхідно пересвідчитись у відсутності людей поблизу струмоведучих частин;

в) пробне заповнення пневматичних та гідравлічних приладів і регуляторів.

Індивідуальне опробування приладів проводиться тільки після відключення імпульсних ліній від технологічних апаратів та трубопроводів.

Вимоги до електробезпеки

Електричне обладнання та прилади, що застосовуються у вибухо-пожежо-небезпечних приміщеннях і зовнішніх установках за своїм виконанням повинні відповідати категорії та групі вибухо-пожежо-небезпечних середовищ, визначених у ПУЕ.

Обслуговування електроустановок здійснюється:

- а) черговим персоналом;
- б) оперативно-ремонтним персоналом (в установках без чергового персоналу).

Особи оперативного персоналу, які обслуговують електроустановки одноособові, і старші у зміні або бригаді, які закріплені за цією електроустановкою, повинні мати кваліфікаційну групу не нижче IV-го в установках з напругою вище 1000 В, і III-го в установках з напругою до 1000 В.

Захисні заземлення електроустановок.

Для забезпечення умов безпечності людей від ураження електричним струмом, захисту електрообладнання і електроустановок від перенапруги у відповідності до вимог ПУЕ повинні бути споруджені заземлюючі пристрої, до яких повинні бути надійно підключені металеві частини електроустановок та корпуси електрообладнання, які в наслідок порушення ізоляції можуть бути під напругою.

8.5 Висновки за розділом

В ході виконання розділу було розроблено варіант комплекту технічної документації САК .

Розроблений комплект включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації керування технологічного процесу. В результаті виконання отримані навички з розробки технічної документації на системи автоматизації з використанням МПК, ПК та сучасних пристроїв автоматизації.

ВИСНОВОК:

В даній дипломній роботі, було розглянуто технологічний процес витоку зерна з підвісового бункера. Як об'єкт, був обраний підвісовий бункер. Розроблено його параметризовану та параметричну схему. Після цього було конкретизовано його основні регламенти, розроблено його моделі як об'єкта регулювання. Було розроблено і параметрично оптимізовано його алгоритми регулювання. Розроблено алгоритм керування даним технологічним процесом. Вибрано та використано набір технічних засобів, за рахунок яких можна провести модернізацію обладнання. Була розроблена технічна структура мікропроцесорного ядра системи керування процесом витоку зерна з підвісового бункера, здійснений вибір промислового контролера та його блоків вводу/виводу, в середовищі CoDeSys розроблені програми, які реалізують алгоритми логічного керування та регулювання.

При виконанні роботи в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесом витоку зерна з підвісового бункера.

В ході виконання роботи було розроблено варіант комплексу технічної документації САК. Розроблений комплект включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації керування технологічного процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу «Мікропроцесорні і програмні засоби автоматизації» для бакалаврів 6.050202 денної та заочної форми навчання / Укладачі: В.М. Левінський, А.І. Павлов, М.Т. Степанов. – Одеса: ОНАХТ, 2011р. – 13.с
2. Хобін В.А. Конспект курсу лекцій по дисципліні «Ідентифікація і моделювання технологічних об'єктів» для студентів спеціальності 7.092501 денної та заочної форм навчання. - Одеса: ОНАХТ, 2016р
3. Хобін В.А. Конспект курсу лекцій по дисципліні «Теорія автоматичного керування» для студентів спеціальності 7.092501 денної і заочної форм навчання. - Одеса: ОНАХТ, 2007. – 87 с.
4. Муратов В.Г. «Метрологія та основи вимірювання. Конспект лекцій». Частина 1,2,3. - Одеса: ОНАХТ, 2012р.
5. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту з дисципліни «Метрологія та технологічні вимірювання галузі»/ Скл. Муратов В.Г. - Одеса: ОНАХТ, 2012р.
6. Методичні вказівки до виконання КР по курсу "Проектування систем автоматизації" для студентів спеціальності 6.050202 денної та заочної форм навчання / Скл. Ю.М. Скаковський, В.І. Старичков. -Одеса:ОГАПТ, 2016. 35
7. Метрологія, технологічні вимірювання та прилади: навч. посіб. / В.Г. Муратов. — Вид. 3-є, допов.— Одеса :ОНТУ, 2023.— 390 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А – Попередній перелік обладнання до схеми автоматизації

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
WE1-WE2 (1а), WE3-WE4 (2а)	Аналоговий тензодатчик колонного типу Keli ZSFY-SS	4	
WY1-WY2 (1б), WY3-WY4 (2б)	Перетворювач сигналу тензодатчика KM02H1	4	
GS1(3а),GS2(4а), GS3(5а)	Датчик кінцевого положення засувки APL-210N/MBP100	3	
LS1,(6а),LS2(7а), LS3(8а)	Вібраційний датчик (сигналізатор) кордонного рівня сипучих матеріалів типу ДПУ-10	3	
5-1в,6-2в,7-2г	Механізм виконавчий пневматичний МПП-П	3	
EP(2в)5-7	Перетворювач керуючого сигналу від контролеру до пневматичного виконавчого механізму ЕП-3324 Електропневматичний	3	
HS(s1), HS(s4)14-18	Пристрій плавного пуску CARLO GAVAZZI RSGD4045E0VX20	5	

Додаток Б

Таблиця Б – Попередній перелік обладнання до принципової електричної схеми електроприводу

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
Q1	Автоматичний вимикач IC60N 3P 50A C (A9F79350)	1	
Q2	Автоматичний вимикач IC60N 1P	1	
Q3	Контактор ІЕК КМІ 35012 50А 220В/АС3	1	
K1,K2,K3	Реле проміжне 220В НН62Р	3	
F1	Запобіжник ПТ 1А	1	
S4	Кнопка ПУСК АСКО-Укрем зелена ХВ2-ВА31	1	
S2	Кнопка СТОП ЧЕРВОНА ХВ2-ЕН142 АСКО-УКРЕМ	1	
S1	Кнопка СТОП ЧЕРВОНА ХВ2 АСКО-УКРЕМ	1	
S3	Ключ вибору режиму роботи EL	1	

Додаток В

Таблиця В – Попередній перелік обладнання до принципової електричної схеми живлення

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітка
G1,G2	Джерело живлення MeanWellDR-4524 input:100-240Vac 1.5A 50/60 Hz output:24V 2A	2	
Recpt1	Розетка на DIN-рейку із заземленням Schneider Electric DIN 2P+E 16A 250 В без шторок білий A9A15310	1	
Q1	Автоматичний вимикач VIKO 2P 6A	1	
T1	Трансформатор розділовий 220-220В-500ВА	1	
F2,F3	Запобіжник ПТ 1А	2	