

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

Навчально-науковий інститут електроенергетики  
 (інститут)

Електротехнічний факультет  
 (факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем  
 (повна назва)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Яшин Максим Денисович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

**на тему** Автоматизація процесів управління технологічним транспортним візком

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Трипутень М.М.			
Провідний консультант	ст. викл. Надточий В.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи управління	доц.Соснін К.В.			
Розробка програмного забезпечення системи управління	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро  
2021

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

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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

## ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Яшин М.Д.  
(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-17-1  
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація процесів управління технологічним транспортним візком

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2021
Розробка апаратного забезпечення системи управління	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою управління, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2021
Визначення моделі об'єкта управління	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта управління. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи управління.	01.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2021

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Надточий В.В.  
(прізвище, ініціали)  
04.05.2021

10.06.2021

Яшин М.Д.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: \_\_\_\_ стор., \_\_\_\_ рис., \_\_\_\_ табл., \_\_\_\_ додат., \_\_\_\_ джерел.

Об'єкт розробки: автоматизована підсистема управління технологічним транспортним буксиром.

Мета: удосконалювати існуючі системи управління технологічним процесів для автоматизованих складів.

Викладена актуальність питання, визначені склад і функції підсистеми управління технологічним транспортним візком, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних рішень, був зроблений вибір елементної бази, визначена структура підсистеми управління.

В якості об'єкта управління виступає транспортний буксир, для якого виконується розробка підсистеми автоматичного управління переміщенням. Вхідними параметрами є сигнали управління поворотом та переміщенням транспортний буксир. Вихідними параметрами об'єкту управління є наявність палети на візку, наявність перешкоди на шляху транспортного буксиру та його положення.

В якості підсистемі дослідження обрана система збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями підсистеми є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, КОНТРОЛЕР, ОБЛАШТУВАННЯ УЗГОДЖЕННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, НАДІЙНІСТЬ, ДІАГНОСТИКА, ЗБЕРІГАННЯ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ, БЕЗПЕКА.

**ЗМІСТ**

Перелік скорочень .....	7
Вступ.....	8
1 Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості .....	9
1.2 Технологічний процес транспортування продукції транспортними роботами .....	11
1.3 Об'єкт управління .....	13
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління .....	13
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	17
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування .....	18
1.4 Формулювання задачі дослідження .....	19
1.5 Висновки за розділом.....	19
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	21
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління .....	21
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	22
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління.....	24
2.3.1 Вибір датчиків .....	24
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв .....	26
2.3.3 Вибір пристроїв управління .....	28
2.2.4 Вибір джерел живлення.....	36
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	38
2.5 Розробка схеми електричної принципової .....	39
2.5 Висновки за розділом.....	41
3 Визначення моделі об'єкта управління .....	42

	5
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи .....	42
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління .....	43
3.3 Виконання експерименту .....	45
3.4 Обробка результатів експерименту .....	48
3.4.1 Підготовка даних .....	48
3.4.2 Структурна ідентифікація .....	48
3.4.3 Параметрична ідентифікація .....	50
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink .....	53
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність .....	54
3.5 Висновки за розділом .....	55
4 Економічна частина .....	57
4.1 Розрахунок капітальних витрат .....	57
4.1.1 Розрахунок трудомісткості розробки програмного забезпечення .....	57
4.1.2 Розрахунок витрат на створення програмного забезпечення .....	60
4.1.3 Розрахунок додаткових капітальних витрат .....	60
4.2 Експлуатаційні витрати .....	61
4.3 Оцінка економічної ефективності .....	63
4.4 Висновок .....	64
5 Охорона праці та безпека з надзвичайних ситуацій .....	66
5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при користуванні ПК .....	66
5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці .....	67
5.2.1 Заходи щодо електробезпеки .....	67
5.2.2 Організація робочого місця .....	69
5.2.3 Заходи щодо зменшення запиленості повітря .....	70
5.2.4 Заходи щодо зменшення рівня шуму .....	70

	6
5.2.5 Режим праці та відпочинку .....	71
5.3 Висновок .....	74
Висновки .....	75
Перелік посилань.....	76
Додаток А .....	79
Додаток Б.....	80
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи .....	81
Відгук.....	82
Рецензія .....	83

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОУ – об'єкт управління;

САУ – система автоматичного управління;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина.

## ВСТУП

Тенденція автоматизації складів у світі виглядає наступним чином - розподільні центри Amazon, в 2016 року використовували близько 45 тисяч роботів Kiva, в 2015 було 30 тисяч, в 2014 року-15 тисяч.

В 2016 році було автоматизовано 8% від розподільних центрів 75 найбільших американських мереж.

В 2021 – 2022 роках автоматизація складів буде рости на 11,8% в рік.

До 2022 року обсяг ринку зросте до 4.44 млрд. доларів - прогнозує Markets and Markets Research Pvt. Ltd.

До 2025 року, завдяки IoT ринок управління складами зросте до 19.06 млрд. доларів, згідно з прогнозами Grand View Research Inc.

Світовий ринок мобільних роботів буде рости в рік (CAGR) в розмірі 16,31 %, досягнувши 10 млрд. доларів до кінця 2021 року, за оцінками Markets and Markets. A Transparency Market Research прогнозує, що ринок мобільних роботів зросте з 8,5 млрд. доларів в 2016 році до 30млрд. доларів до 2025 року з CAGR 15,6%.

Оптимізація завантаження основного технологічного устаткування завжди є однією з основних проблем на будь-якому виробництві.

Проекти модернізації по використанню найсучаснішого технологічного устаткування і застосування передових технологій та автоматизації, як правило, дозволяють збільшити об'єм продукції, що випускається, на наявних виробничих площах, не прибігаючи до тривалого і дорогого капітального будівництва для розширення габаритів існуючого цеху.

Часто потрібно ретельне опрацювання проекту модернізації виробництва по розміщенню усього технологічного устаткування в межах наявних приміщень заводу та автоматизування логістичних зв'язків між ними.



# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Галузь промисловості

Сфери застосування транспортних роботів не обмежені, наприклад, деякі з них:

- логістика (склад, сортування, доставка);
- безпека (зйомка, охорона по периметру; захищений маршрут / вантаж);
- реклама (промо-робіт, транспортувальник реклами / рекламоносій; промо-доставка);
- NoReCa (“офіціант”, “покоївка”, смарт-доставка).

Роботизовані складські рішення, а також: у шкідливих і небезпечних виробництвах, закритих від доступу людини маршрутах, фінансових установах, як промо-робот, самохідний лайт-бокс, «офіціант», «кур’єр-постачальник» в smart-ЖК.

Платформа на базі Колеса Ілона (Mecanum) може служити, мобільного, і стаціонарної сценічної платформою з можливістю пересування / обертання.

Сучасні робо-платформи і автономні транспортні пристрої використовуються майже в усіх галузях – від освоєння космосу, охорони здоров’я та громадської безпеки до розважальних цілей, оборони та багато чого іншого. Ці машини – в більшості повністю автономні чи потребують трохи значного втручання людини. Автономні універсальні пристрої розширюють наше розуміння у багатьох областях науки, збільшують наші можливості, і дозволяють трудитися там, де можливості людини обмежені або не ефективні.

Види транспортних роботів можна класифікувати наступним чином:

1. Роботи-візки із платформою застосовуються для навантажування або штабелювання, перевозять вантажі самостійно по території складу. Платформа оснащується підйомним механізмом. Якщо буксир обладнаний механізмом рольганга і / або штовхача, то може самостійно розвантажуватися, розкладаючи товари по полицях або знімати товари з полиць, збираючи їх на палету або в контейнер. Застосовується для складських логістичних завдань.

2. Буксирувальник - переміщує прості візки, автоматизує доставку важких вантажів на великі відстані.

3. Палетайзери, промисловий маніпулятор, що приводиться до руху серводвигунами, призначений для автоматичного захоплення і укладання продукції на палети.

4. Роботи-сортувальники - застосовуються в упаковці товарів, в системах онлайн-торгівлі. Можуть ідентифікувати предмети в купі, наприклад по базі тривимірних зображень всіх предметів.

5. Безпілотники навчили проводити швидку інвентаризацію складів з високими полицями.

У більшості випадків раціонально організувати комплексні рішення для роботизації складу, що включають ряд апаратів: маніпулятори, мобільні візки, палетайзери, одні знімають з полиць, інші перевозять до місця видачі. За бездротовий зв'язок з іншими AGV або центральним терміналом можна створити мережі роботів.

Автоматизація оптимізує роботу персоналу по всіх підрозділах об'єкта. Такі рішення пропонує Vecna (США).

При прокладанні шляху транспортний робот слідкує за попередньо визначеною траєкторією. Старт руху може запускатися згідно події: початок зміни, прибуття вантажу, сигнал оператора.

Слідуючи за маршрутом транспортним роботам треба:

- розпізнавати розвилки;
- супроводжувати конвеєр на постійній швидкості;
- робити зупинки «на вимогу» оператора;
- картографувати нерухомі перешкоди для проїзду на мінімальній відстані;
- розпізнавати перешкоди, які переміщаються, очікувати їх зникнення та продовжувати роботу.

Як можуть визначати транспортні роботи маршрут:

1. По проводах вбудованим в підлогу - це також джерело енергії, тому зарядка не потрібна. Правда будь-які зміни маршруту вимагають перебудови ліній.

2. По магнітній стрічці, що наклеюється на підлогу, не заважає, легко створює розвилки, зупинки і повороти. Дешевий спосіб, але стрічка зношується механічно.

3. Інерціальна навігація, працює без міток і зовнішніх орієнтирів. Рішення в накопичуванні помилки інерціальними системами. Можна застосовувати інерціальні системи високої точності.

4. Лазерна навігація. У приміщенні заздалегідь встановлюються мітки, за допомогою лазерної навігації місце розташування транспортного робота визначається методом триангуляції по них.

5. З'являються також системи, які не потребують розмітки складу - вони орієнтуються на системи технічного зору з розпізнаванням образів на базі вбудованого ШІ, наприклад, система TORU Cube розробки Magazino.

Застосування транспортних роботів, крім складу і логістики, можуть активно застосовувати в автомобілебудуванні, військовій справі і на шкідливих для людини ділянках робіт.

Користь застосування транспортних роботів очевидна:

- зниження собівартості робіт;
- організація робіт;
- усунення помилок людського фактору;
- підвищення безпеки та якості праці;
- легкість змін і перенастроювання.

В Україні виробляє транспортних роботів компанія «SB Robotics, Україна».

## **1.2 Технологічний процес транспортування продукції транспортними роботами**

SB Robotics - автономна універсальна платформа для автоматизації логістичних комплексів. Це нащадок складського робота Буксир. Застосовується

у шкідливих і небезпечних виробництвах, і для маршрутів закритих від людського доступу, як промо-робот, самохідний лайт-бокс.



Рисунок 1.1 – Автономна універсальна платформа (AGV) SBR-300-SM



Рисунок 1.2 – Приклади використання автономна універсальна платформа (AGV) SBR-300-SM

Автономна універсальна платформа (AGV) SBR-300-SM призначена для переміщення вантажів усередині складських, виробничих та інших приміщень.

Конвеєри (транспортери) як один з основних видів безперервного транспорту є важливою складовою обладнання складу.

З розвитком техніки удосконалюються і конструкції конвеєрів, але їх дорожня, немобільності обмежують їх застосування на складах, терміналах, виробничих і складальних цехах.

Недоліки конвеєрів привели до винаходу системи самоврядних роботів, яка вирішує проблему швидкого перенастроювання шляхів транспортування вантажів на складі, а також дозволяє більш адекватно відгукуватися на зміни графіка руху вантажів на складі.

Це досягається підключенням або зняттям роботів-перевізників (роботів-возів) зі складського маршруту.

Робо-поїзда, що рухаються по нанесених лініях або позиціонуються по радіо або оптичним мітках вирішують завдання складської транспортування набагато ефективніше громіздких і дорогих конвеєрів.

Звичайно, система складських роботів не замінить конвеєрні блоки великих виробництв, але зможе вирішити ті завдання по переміщенню вантажів, які перш нестабільно і недешево вирішувалися шляхом залучення великого числа складських працівників і вантажників.

На даний час українською компанією СТАНДАРТ-ПАК розробляється складський робот БУКСИР, який призначено, як для буксирування складських контейнерів, так і для агрегування складських візків.

### **1.3 Об'єкт управління**

#### **1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління**

Складські роботи БУКСИР вирішують низько-бюджетні завдання складів і підприємств по переміщенню товару, продукції, виробів на території терміналів, заводів і цехів.

Перенастроюваний роботизований конвеєр на базі складських роботів БУКСИР заплановано застосовувати для ефективного переміщення вантажів на території логістичних центрів і складальних цехів.



Рисунок 1.2 – Робот-буксир підвищеної прохідності

Таблиця 1.1 – Технічні параметри робота-буксира підвищеної прохідності

Модель	БУКСИР-3000
Управління	Автоматичне по ТЗ замовника
Кількість маршрутів	Не обмежено
Робоча швидкість	1-5 км/г
Потужність приводу переміщення	6,8кВт
Потужність приводу повороту	1,2кВт
Габарити (базові)	1360x1060x480мм
Вантажопідйомність	3000 кг на платформі, 8000 кг вантажу в якості буксира
Вага	715 кг
Час автономної роботи	Не менш ніж 8 годин безперервної роботи
Напруга батареї	48 В
Час зарядки	2 години
Температурний режим роботи	-5...+60°C
Світловий режим роботи	Можливість працювати без освітлення

Буксир буксиру оснащена двома ведучими і вільно обертаючими колесами.

В нижній частині розміщена система приводів коліс, акумулятори системи приводу, а також обладнання управління рухами буксиру з системою реалізації навігації.

Два акумулятори здійснюють живлення електродвигунів коліс і управління напрямком, а третій акумулятор забезпечує живлення бортового комп'ютера нижнього рівня.

На початку руху треба здійснюється плавний набір оборотів двигуна для виключення ривка і плавне зниження оборотів при гальмуванні. Ці рухи треба регулювати програмним методом за допомогою драйверів двигунів.

Раціональному використанню енергії акумуляторів може сприяє комутативна система їх зв'язку, яка забезпечить найбільш ефективне використання енергії акумуляторів, зважаючи на різний рівень їх енерговитрат. Так, зокрема, акумулятор, використовуваний для живлення системи управління, має менший рівень енерговитрат, а, отже, його енергію можна використати для рухової системи. Заряджання акумуляторів передбачається в автоматичному режимі при простій буксиру на позиції завантаження складу. На цій позиції буксир за допомогою підводної клеми підключається до джерела живлення для заряджання.

Буксири будуть функціонувати в сучасних системах транспортування і матимуть спеціальні елементи навігації. У простій версії буксиру, він може переміщатися тільки на основі використання штрихових або магнітних кодів. Сучасна конструкція буксиру забезпечить схід з траси руху, самостійний рух до певного місця і повернення на трасу. Найбільш перспективні повністю роботизовані системи, будуть здатні до самостійного переміщення і маніпулювання.

Рух буксирів по прокладеному шляху вимагає відповідного управління і просторової орієнтації.

Деякі способи забезпечення такого руху:

- пасивна лінія напрямку (на основі детекторів метала фото-оптичних детекторів хімічних детекторів);
- активна лінія напрямку (індукційне управління);
- без лінії напрямку (комп'ютерне орієнтування, поєднане з локалізацією положення на основі приростів координат, інфрачервоного випромінювання, ультразвукового випромінювання, лазерного випромінювання, гіроскопів).

Комп'ютер верхнього рівня має розраховувати траєкторію руху між початковим і кінцевим пунктами і управляє рухом буксиру завдяки безпроводному каналу зв'язку. У процесі переміщення необхідно забезпечити порівняння розрахункового і реального шляхів руху і виявлення непередбачених перешкод(люди, предмети). Тому системи віртуальної навігації функціонують разом з іншими системами, що забезпечують локалізацію положення буксира і перешкод.

Системи локалізації положення буксира на основі розрахунку приростів координат будуть засновані на використанні сигналів від імпульсних датчиків, встановлених на колесах руху і повороту. Отримуючи інформацію про кількість імпульсів, згенерований кожним колесом, бортова система управління може заздалегідь розрахувати переміщення буксира відносно осей координат. Проте такі розрахунки, що забезпечують поточне управління буксиром, мають

погрішності, які підсумовуються у міру переміщення буксира. Крім того, неможливе виявлення непередбачених перешкод на шляху руху.

При оптичній локалізації може використовуватися відеокамера, встановлена під стелею цеху, і система знаків на верхній поверхні буксира. Комп'ютерний аналіз зображення може дозволити точно оцінити положення буксира і перешкод. Але така система вимагає роботи в режимі реального часу, тобто використання комп'ютерів з дуже високою швидкістю.

У разі локалізації положення буксира за допомогою інфрачервоного або ультразвукового випромінювання буксир можна оснащати генератором випромінювання і приймачем відбитих сигналів.

Систему управління має оцінювати положення буксиру відносно постійних перешкод, записаних в карті пам'яті. Можуть бути зареєстровані також випадкові об'єкти, що забезпечує своєчасну зміну курсу і об'їзд перешкод. Оскільки випромінювання поширюється по прямій лінії, мета руху і буксир повинні знаходитися на відрізках прямих. Поява перешкоди на шляху випромінювання (наприклад, людини) спричиняє за собою автоматичну зупинку буксира.

Можна запропонувати локалізацію за допомогою лазерного сканера, яка заснована на опроміненні простору навколо буксиру в межах  $180^\circ$  або  $360^\circ$  з розподільною здатністю до  $0,5^\circ$ . Лазерний далекомір забезпечить ідентифікацію положення буксира відносно нерухомих об'єктів (інформація про які записана в пам'яті системи управління) і виявлення непередбачених перешкод.

Локалізація за допомогою гіроскопів вимагає наявності на буксиру бортового гіроскопа, що забезпечує її орієнтацію під час руху.

Використання описаних систем локалізації і виявлення перешкод дозволяє коригувати положення буксира і генерувати нову траєкторію руху, що враховує положення нових об'єктів в робочому просторі і огинає ці об'єкти.

Технічні рішення, що забезпечують переміщення буксирів, не дають гарантій їх точного позиціонування у вузлових точках. Тому в таких місцях розміщують спеціальні електронні передавачі імпульсів, які полегшують орієнтацію буксиру (порівняння дійсного положення і записаного в пам'яті



системи управління з відповідною корекцією). У місцях зупинки буксиру в підлогу вмонтовані металеві плити. При наближенні буксира до такого місця включається детектор металу, буксир знижує швидкість і досягнувши плити зупиняється.

### 1.3.2 Структура об'єкта керування

Узагальнена структурна схема буксира має основні наступні компоненти:

- двигун приводу прямолінійного переміщення;
- двигун приводу повороту;
- блок управління;
- акумулятори;
- датчики навігації у просторі;
- датчик позивання;
- канал зв'язку з пультом управління.

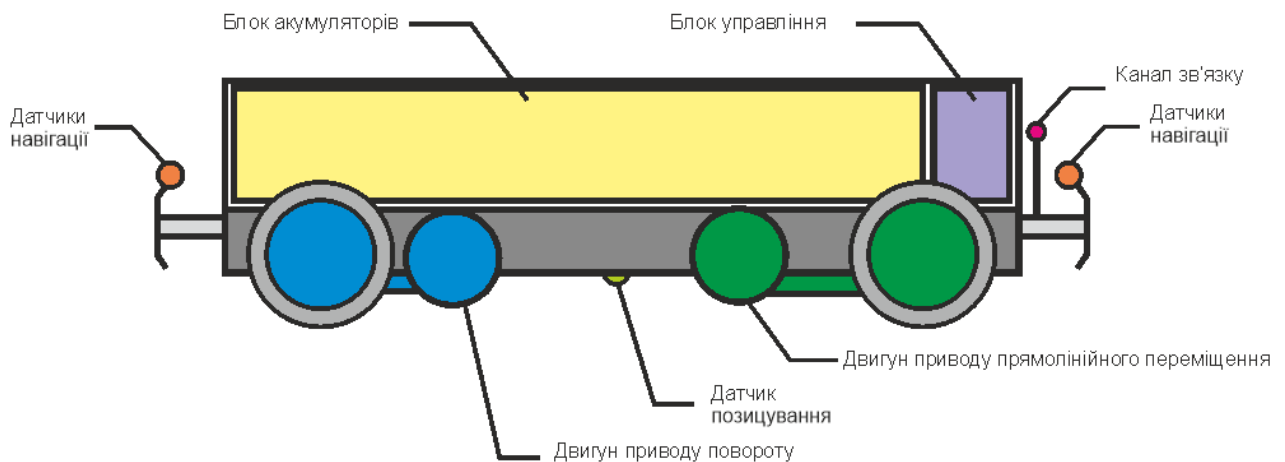


Рисунок 1.3 - Узагальнена структурна схема буксиру

З багатьох параметрів, що характеризують рух буксира, необхідно вибрати ті, які підлягають регулюванню і зміною яких доцільно вносити регулюючу дію. Для цього потрібні результати аналізу цільового призначення процесу.

Виходячи з результатів аналізу, вибирають критерій управління, його задане значення і параметри, зміною яких найдоцільніше на нього впливати.

Вибір критерію управління здійснюється на основі статичних і динамічних характеристик процесу, що дають уявлення про взаємозалежність параметрів.

Для буксиру досить актуальним питанням є досягнення високої точності позиціонування в кінцевих точках маршруту.

Системи автоматичного управління такими буксирами повинні мати значний запас стійкості і забезпечувати високу якість управління.

### **1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування**

Управління буксирам повинне здійснюється від одного логічного контролера (критерії вибору - висока надійність, низька вартість, відносна простота програмування).

Необхідно використати мінімально достатню кількість засобів контролю, управління і забезпечуючи при цьому необхідну точність позиціонування буксиру на певному погрузав / розвантажувальному місці, в межах  $\pm 0,5$  см.

У системі має бути реалізований зворотний зв'язок між буксиром і кожним із складальних автоматів.

Цей зв'язок повинен вирішувати три завдання:

- виклик буксиру для завантаження палети і доставки до місця призначення;
- подання підтвердження про готовність прийому палети на буксирі;
- подання підтвердження про те, що буксир завантажений палетою, для дозволу продовження його подальшої роботи.

Усі приводи буксира повинні починати рух дуже плавно (завдяки наявності перетворювачів частоти). При наїзді на перешкоду буксир повинен зупинитися і чекати звільнення шляху, потім продовжити свій рух.

Головна перевага проектованої системи - це відсутність оператора. Система автоматично подає буксир при необхідності. Також програмно реалізовано напівавтоматичне управління із захистом «від дурня» (неможливо розвантажити палету, не позиціонувавши буксир в місці розвантаження, і неможливо покотити буксир далі встановленої зони його переміщення),

необхідне лише для приведення системи в початковий стан після ремонту або заміни датчиків.

З метою прискорення роботи має бути передбачений завчасний виклик буксиру. Потрібно мати невеликий час очікування перед завантаженням на буксир для того, щоб оператор міг вчасно зреагувати на нештатні ситуації, наприклад можливе гальмування через неякісно збитого піддону за частини, що виступають, і його перекид на нім. В цьому випадку для тимчасової зупинки оператор може, або зупинити, або використати штатну систему зупинки по наїзду на перешкоду.

Швидкість пересування буксиру має бути мінімально можливою, виходячи з міркувань безпеки персоналу і достатньої продуктивності.

#### **1.4 Формулювання задачі дослідження**

Необхідно розробити апаратне забезпечення системи управління, тобто розробити структурну схему системи управління, визначити інформаційні потоки, здійснити вибір апаратного забезпечення для системи управління, розробити функціональну схему автоматизації, розробити схеми електричні принципів.

Також необхідно визначити модель об'єкта управління, а саме розробити структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи, розробити методику дослідження об'єкта управління, виконати експеримент, здійснити обробку результатів експерименту.

#### **1.5 Висновки за розділом**

Проектована система автоматизації дозволить заощадити кошти завдяки зменшенню простоїв, помилок при транспортуванні палет, аварійних ситуацій, пов'язаних з зіткненнями.

У автоматичній системі управління буксиром необхідно передбачити можливість легкого доповнення або зміни кількості функціональних можливостей у подальших вдосконалення або модернізації.

Проектована система автоматизації повинна бути виключно надійною. Для цього в цілях підтримки на найвищому рівні безпеки персоналу при експлуатації буксирів необхідно регулярно виконувати усі необхідні для цього профілактичні заходи.

Така система може бути затребувана на будь-яких підприємствах, де робиться транспортування вантажів на палетах.

## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління

В якості об'єкта управління виступає буксир, для якого виконується розробка системи автоматичного управління переміщенням. Вхідними параметрами є управління двигуном приводу прямолінійного переміщення, двигуном приводу повороту для управління положенням буксира. Вихідними параметрами об'єкту управління є позиціювання, наявність палети на буксирі, наявність перешкоди на шляху буксира та датчики переміщення і повороту буксира.

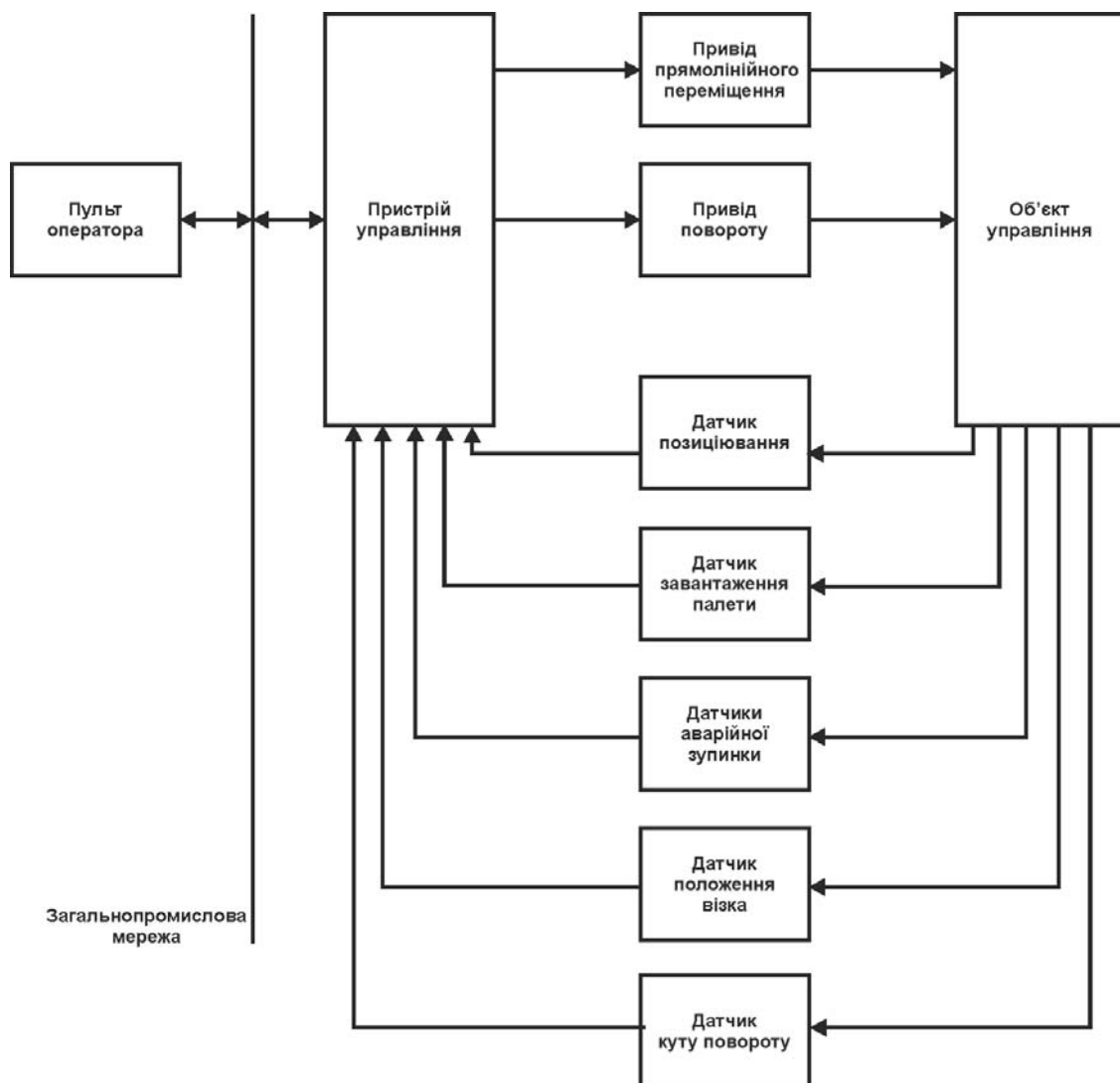


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи управління

Виходячи з цього, система управління повинна включати датчики позиціонування, завантаження палети, датчики аварійної зупинки(чотири, по одному з кожної сторони), датчики прямолінійного руху, куту повороту коліс, які необхідні для визначення положення буксиру, управління двигуном приводу прямолінійного переміщення, двигуном приводу повороту для управління положенням буксиру.

## **2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків**

Виходячи з вимог система повинна забезпечувати управління об'єктом та отже включати підсистему управління технологічним обладнанням. Дана підсистема складається з пристроїв збору інформації (датчики позиціонування, завантаження палети, аварійної зупинки, повороту і переміщення буксира), еталонів стану обладнання (завдання положення буксиру), системи автоматичного контролю стану обладнання, програми управління, яка повинна реалізувати переміщення буксира за заданим алгоритмом, протиаварійного захисту, блоку переводу до ручного режиму управління, та виконавчих пристроїв (привід повороту, привід переміщення буксира).

Крім того система повинна забезпечувати візуалізацію та контроль, за технологічним процесом, цьому до неї повинна входити підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора. Дана підсистема складається з реєстрації параметрів процесу, людино-машинного інтерфейсу та сигналізації досягнення параметрами заданих значень.

Також системою повинно забезпечуватися архівування технологічних процесів які відбуваються, цьому в неї повинна бути підсистема ведення архівів параметрів та подій, включно з базою даних та резервним сховищем.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 2.2. Дана структура забезпечує управління переміщенням буксира, збір даних про технологічний процес, візуалізацію отриманих даних, збереження їх в базі даних та створення їх резервних копій. Крім того дана структура забезпечує контроль, за обладнанням та сигналізацію досягнення параметрами управління заданих значень.

Таким чином згідно з вимогами підсистема автоматизованого управління технологічним обладнанням представляє собою апаратно програмний комплекс до якого входять датчик позиціювання, датчик завантаження палети, датчик аварійної зупинки, датчик повороту, датчик положення буксира, об'єкт управління, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, привід повороту та привід переміщення буксира.

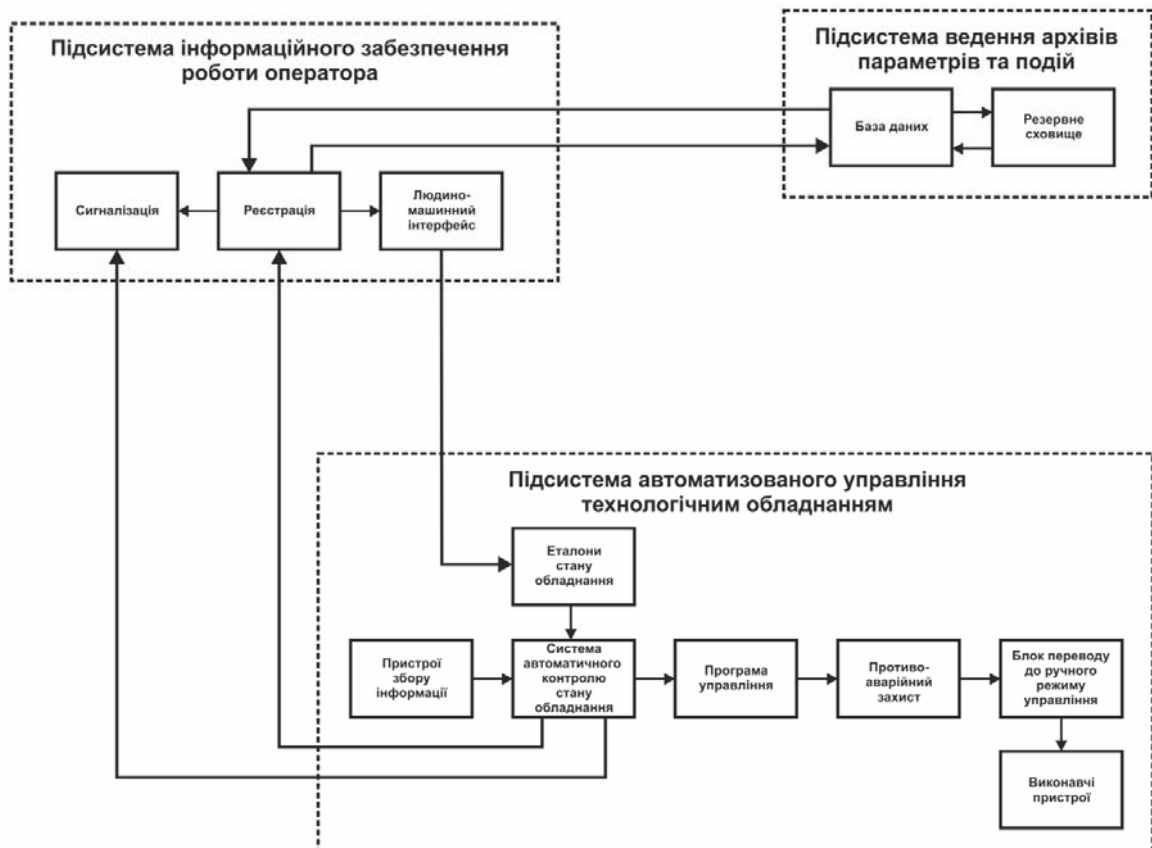


Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора представляє собою апаратно програмний комплекс виконаний на персональному комп'ютері та програмному комплексі zenon.

Підсистема ведення архівів параметрів та подій представляє собою окремий програмний модуль програмного комплексу zenon.

Зв'язок між наведеним апаратним комплексом згідно з вимогами забезпечується за допомогою загальнопромислової мережі підприємства, а між програмним забезпеченням за допомогою стандартних протоколів.

## 2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління

### 2.3.1 Вибір датчиків

При управлінні буксиром необхідно знати про наявність на ньому палети. Так як механічні датчики наявності складно розмістити і вони можуть давати помилкові спрацювання від вібрації, необхідно обрати безконтактний датчик наявності палети з відстанню спрацювання 10 мм.

Даним вимогам задовольняє датчик ультразвуковий датчик відстані MICROSONAR UTP-2114 (рис. 2.3). Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1. Датчик призначено для безконтактне виявлення, має аналоговий або релейний вихід, вузький кут випромінювання, 2 види діапазону вимірювання (1 або 6 м), регульовану відстань виявлення, регульовані параметри обробки сигналів, вихід для оповіщення помилки.



Рисунок 2.3 – Ультразвуковий датчик відстані MICROSONAR UTP-2114

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика MICROSONAR UTP-2114

Найменування параметра	Значення
Тип	ультразвуковий
Матеріал	Пластик
Різьба	M18
Діапазон роботи – вимірювання, або спрацювання, мм	Настроювання 14...6000
Вихід 1	NO, NC
Вихід 2	4...20 мА
Максимальна частота, кГц	40
Напруга живлення, В	10÷30
Споживана потужність, Вт	0,1 Вт
Ступінь захисту	IP67

Згідно з вимогами на буксирі повинні бути встановлені чотири безконтактних датчика наявності перешкоди, для виконання аварійної зупинки з



відстанню спрацювання 200...1000 мм. В якості датчика перешкоди також можна використати ультразвуковий датчик відстані MICROSONAR UTP-2114.

Головним завданням підсистеми що розробляється є управління положенням буксиру.

У якості привода переміщення буксира використовується двигун з редуктором.

У якості привода повороту буксира використовується також двигун з редуктором

Для визначення переміщення буксира у просторі, будемо використовувати для цих проводів енкодери 1 800 імпульсів на оберт.

Для цього обрано енкодер Autonics E40H8-1800-3-N-24 який має 1 800 імпульсів на оберт, та три канали А, В, Z (рис. 2.4). Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.2.



Рисунок 2.4 – Датчик E40H8-1 800-3-N-24

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика E40H8-1 800-3-N-24

Найменування параметра	Значення
Тип	оптичний
Матеріал	пластик
Максимальна швидкість, об/хв	3600
Максимальна частота обертання, кГц	180
Інтерфейс	А, В, Z
Напруга живлення, В	5÷24
Споживана потужність, Вт	1
Ступінь захисту	IP50

На основі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Датчики

Назва параметру	Кількість	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення
Наявність палети	1	Індуктивний	Дискретний	14...200 мм	0.1 мм	0÷24 В	40 кГц	0.1 Вт
Наявність перешкоди	4	Індуктивний	Дискретний	200...1000 мм	0.1 мм	0÷24 В	500 Гц	0.1 Вт
Положення	2	Енкодер	Дискретний	0÷3600 об/хв	0.001 імпульс/об	0÷24 В	180 кГц	1 Вт

### 2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для переміщення буксира використовується асинхронний трьох фазний електропривод потужністю 6,8 кВт. Згідно з завданням система управління повинна реалізовувати плавний розгін та гальмування, то управління електроприводом повинно бути безперервно. Виходячи з вимог для управління електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21 потужністю 11,0 кВт з аналоговим входом 4÷20 мА (рис. 2.5).

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в табл. 2.4.



Рисунок 2.5 – Частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики частотного перетворювача Delta VFD110CP4EA-21

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320÷~550
Потужність, кВт	11,0
Діапазон частот, Гц	0÷240
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4÷20
Ступінь захисту	IP20

Для поворотів буксира використовується асинхронний трьох фазний електропривод потужністю 1,2 кВт. Згідно з завданням система управління повинна реалізовувати плавні повороти, то управління електроприводом повинно бути безперервно. Виходячи з вимог для управління електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Lenze ESMD152L4TXA потужністю 1,5 кВт з аналоговим входом  $4\div 20$  мА (рис. 2.6).

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в табл. 2.5.



Рисунок 2.6 – Частотний перетворювач Lenze ESMD152L4TXA

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики частотного перетворювача ESMD152L4TXA

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	$\sim 320\div\sim 550$
Потужність, кВт	1.5
Діапазон частот, Гц	$0\div 240$
Діапазон аналогового сигналу управління швидкістю, мА	$4\div 20$
Споживана потужність, кВт	1.8
Ступінь захисту	IP20

Для живлення приводів переміщення и повороту треба перетворити постійну напругу 48 В від акумулятора у трифазну 380 В, сумарна потужність приводів дорівнює 8к Вт ( $6,8+1,2$ ).

Таким чином можна використати інвертор MAP-SIN-PRO-48-15 максимальною потужністю 15 кВт.

Він підходить практично для будь-яких електроприладів і може використовуватися як вдома, так і на підприємствах, для організації

безперебійної роботи електрообладнання або в складі потужної сонячної електростанції.

Інвертори МАП «Енергія» видають на виході трифазну напругу 380 Вольт з формою «чистий синус», як в домашній розетки, що дозволяє без проблем експлуатувати будь-які електроприлади.



Рисунок 2.7 – Інвертор MAP-SIN-PRO-48-15

Таблиця 2.6 – Параметри інвертора MAP-SIN-PRO-48-15

<b>Номінальна потужність, кВт:</b>	<b>15</b>
Пікова потужність, кВт:	45
Вихідна напруга змінного струму (50 Гц), В:	380
Форма вихідної напруги	чистий синус (спотворення 5% на номінальному навантаженні, не більше 20% на макс. навантаженні)
Вхідна напруга, В:	48
Робочий діапазон вхідних напруг, В:	42.0 — 60.0
Максимальна ефективність:	96%
Діапазон вхідних напруг зарядного пристрою, В:	120 — 265
Розміри, мм.:	210 x 560 x 410
Вага, кг:	51
Температура експлуатації:	от -25°C до +35°C
Вологість (без конденсату):	до 95%

### 2.3.3 Вибір пристроїв управління

Відповідно вимогам до системи управління положенням буксиру в якості пристрою управління повинен використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення положення чи кату повороту буксиру. Крім того, контролер повинен мати не менш 1 КБайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Так як система повинна бути підключена до пульта оператора в якості котрого виступає персональний комп'ютер, при цьому важливо, щоб провідників було найменше контролер повинен мати інтерфейс RS-485.

Даним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 КБайт, об'єм робочої пам'яті 96 КБайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.8). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.7.



Рисунок 2.8 – Програмований логічний контролер 214-2BS33

Датчик наявності палети та чотири датчики наявності перешкоди мають тип, однаковий принцип дії - дискретні виходи та однакову схему підключення. Для підключення датчиків наявності обрано модуль дискретного вводу VIPA 221-1BF00 який має вісім дискретних входів (рис. 2.9). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру 214-2BS33

Найменування параметра	Значення
Тип	CPU 214SER
Пам'ять, КБайт	144
Робоча пам'ять, КБайт	96
Максимальна кількість модулів, штук	32
Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
Час виконання команди над словом, мкс	1,8
Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
RS-485 інтерфейс	Присутній
Напруга живлення, В	24
Споживана потужність, Вт	5



Рисунок 2.9 – Модуль дискретного вводу 221-1BF00

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля дискретного вводу 221-1BF40

Найменування параметра	Значення
Тип	SM 221
Кількість каналів	8
Тип каналу	Дискретний
Діапазон вхідного сигналу, В	0÷24
Довжина екранованого провідника, м	600
Споживана потужність, Вт	2

Схема підключення датчиків наявності до модуля дискретного вводу наведена на рис. 2.10.

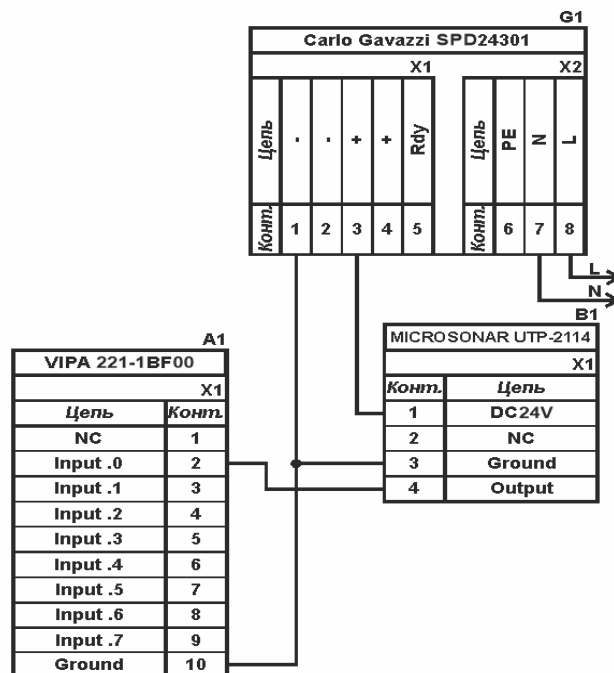


Рисунок 2.10 – Схема підключення датчиків наявності

Датчики переміщення і поворотів буксира є датчиком с трьох каналним енкодером. Для його підключення обрано функціональний модуль лічильника VIPA 250-1BA00 (рис. 2.11). Технічні характеристики модулю наведені в табл. 2.11.

Схема підключення датчика положення буксира до функціонального модуля VIPA 250-1BS00 наведена на рис. 2.12.



Рисунок 2.11 – Функціональний модуль 250-1BS00

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики функціонального модуля 250-1BS00

Найменування параметра	Значення
Тип	FM 250S
Кількість каналів	2/4
Розрядність лічильника, біт	32/16
Довжина екранованого провідника, м	600
Споживана потужність, Вт	2.5

Згідно з технічною документацією модуль має два або чотири лічильні канали. В якості лічильників будуть використовуватися 32 бітні регістри тому у цьому режимі він має два канали. До входів модуля підключені виходи енкодера А, В та Z, що забезпечує отримання програмованим логічним контролером від лічильника кількості імпульсів енкодера, при цьому лічильник автоматично визначає напрям обертання енкодера.

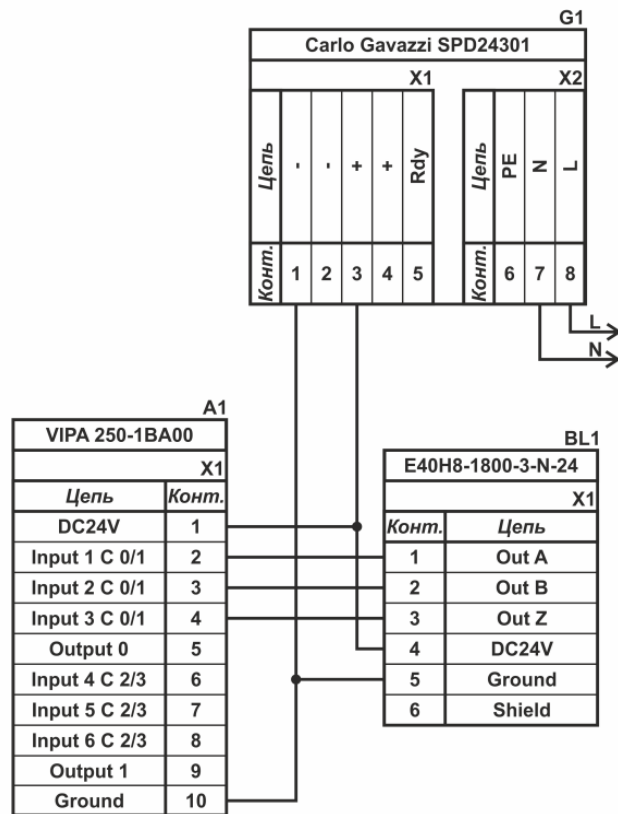


Рисунок 2.12 – Схема підключення датчика положення буксиру

Для підключення до програмованого логічного контролера частотного перетворювача потрібен модуль аналогового виводу з діапазоном аналогового сигналу 4÷20 мА. Даним вимогам відповідає модуль VIPA 232-1BD40 який має чотири аналогових виходи 4÷20 мА (рис. 2.13). Технічні характеристики модулю наведені в табл. 2.10.



Рисунок 2.13 – Модуль аналогового виводу 232-1BD40



Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля аналогового виводу 232-1BD40

Найменування параметра	Значення
Тип	SM 232, ECO
Кількість каналів	4
Тип каналу	аналоговий
Діапазон вхідного сигналу, мА	4÷20, -20÷+20
Довжина екранованого провідника, м	200
Споживана потужність, Вт	1,5

Схема підключення частотного перетворювача до модуля аналогового виводу наведена на рис. 2.15.

Для управління частотними перетворювачами також необхідно формувати дискретні сигнали включення і реверсу. Таким чином згідно з вимогами обрано модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00 який має 8 дискретних виходів з напругою +24 В (рис. 2.14). Технічні характеристики модулю дискретного виводу наведені в табл. 2.13.



Рисунок 2.14 – Модуль дискретного виводу 222-1BF00

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу 222-1BF40

Найменування параметра	Значення
Тип	SM 222
Кількість каналів	8
Тип каналу	Дискретний
Діапазон вихідного сигналу, В	0÷24
Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
Довжина екранованого провідника, м	600
Споживана потужність, Вт	2

Схема підключення одного з частотних перетворювачів до модуля дискретного виводу наведена на рис. 2.15.

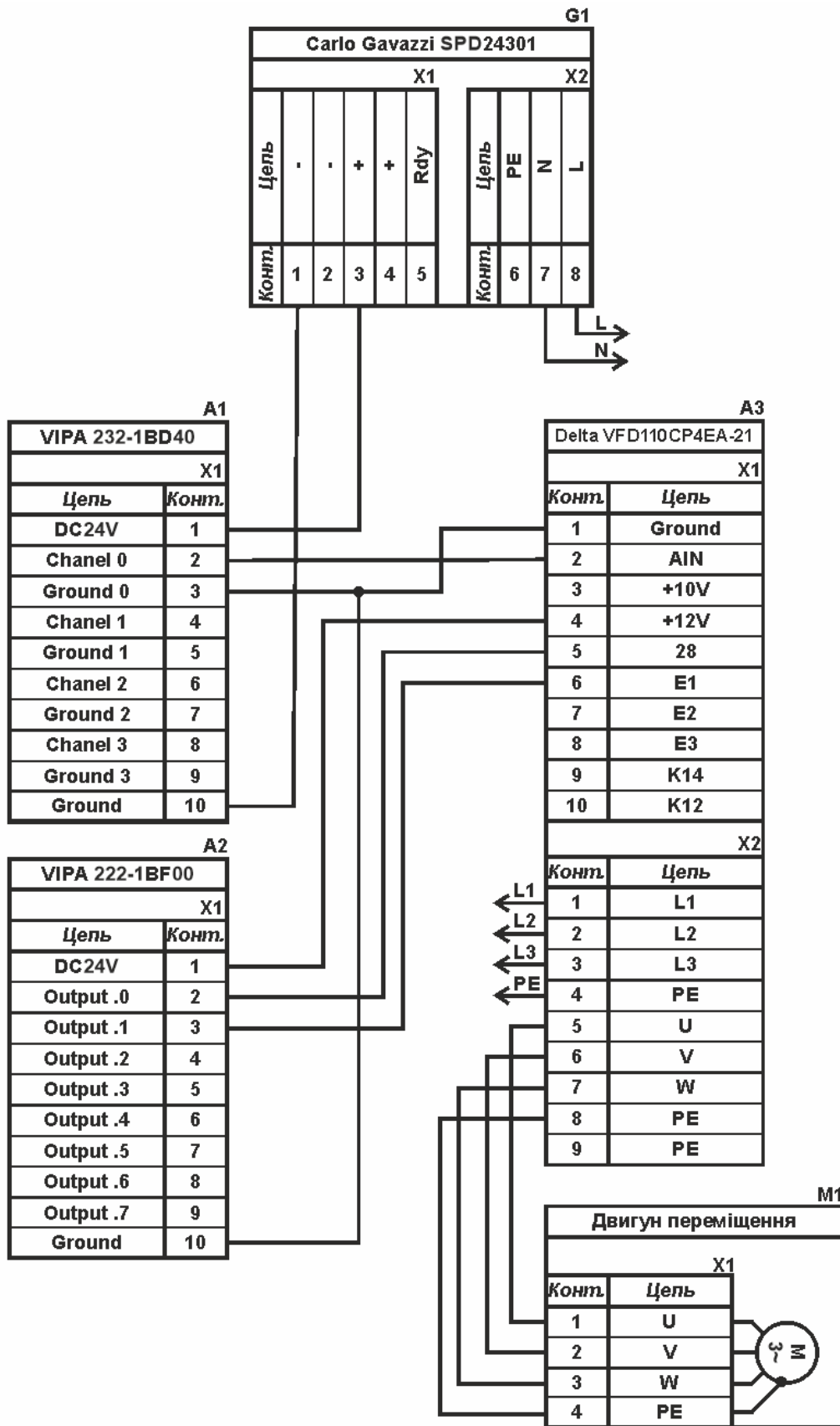


Рисунок 2.15 – Схема підключення частотного перетворювача

Для підключення частотного перетворювача використовуються два модулі. Модуль дискретного виводу використовується для управління включенням вимкненням електропривода, та зміни напрямку його обертання. Модуль аналогового виводу використовується для завдання швидкості обертання електропривода. Частотний перетворювач має трифазне живлення.

Згідно з вимогами до підсистеми управління положенням буксира між пристроєм управління в якості котрого виступає програмований логічний контролер та пультом оператора в якості якого виступає персональний комп'ютер повинна бути організована мережа за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рис. 2.16.

Схема підключення другого частотного перетворювача аналогічна першому.

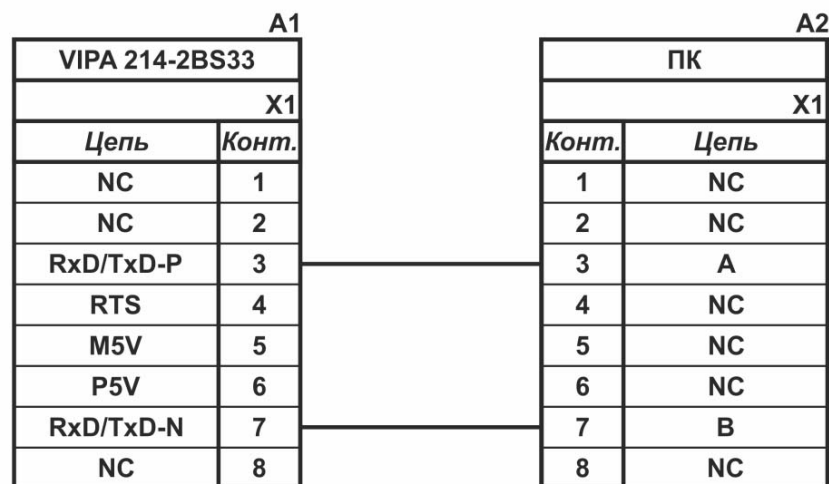


Рисунок 2.16 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Пристрій управління та його модулі

Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.0 Вт
VIPA 221-1BF00	Модуль дискретного вводу	24 В	2.0 Вт
	Датчик наявності палети MICROSONAR UTP-2114	24 В	0.1 Вт
	Датчик аварійної зупинки MICROSONAR UTP-2114I	24 В	0.1 Вт
	Датчик аварійної зупинки MICROSONAR UTP-2114	24 В	0.1 Вт
	Датчик аварійної зупинки MICROSONAR UTP-2114	24 В	0.1 Вт
	Датчик аварійної зупинки MICROSONAR UTP-2114	24 В	0.1 Вт
VIPA 250-1BS00	Функціональний модуль	24 В	2.5 Вт
	Датчик руху буксира E40H8-1800-3-N-24	24 В	1.0 Вт
	Датчик повороту буксира E40H8-1800-3-N-24	24 В	1.0 Вт
VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу	24 В	1.5 Вт
	Частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21	~380 В	11.0 кВт
	Частотний перетворювач ESMD152L4TXA	~380 В	1.5 кВт
VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2.0 Вт
	Частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21	~380 В	11.0 кВт
	Частотний перетворювач ESMD152L4TXA	~380 В	1.8 кВт

### 2.2.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна споживана потужність програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5.00 + 2.00 + 2.50 + 1.50 + 2.00 = 13.00 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з цього у якості джерела живлення програмованого логічного контролера обрано блок живлення SPD24301 змінної напруги  $\sim 85 \div \sim 264$  В, вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.17). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.13.



Рисунок 2.17 – Блок живлення SPD24301

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики блоку живлення SPD24301

Найменування параметра	Значення
Напруга живлення, В	~85÷~264
Вихідна напруга, В	24
Потужність, Вт	30
Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера 214-2BS33 до блоку живлення SPD24301 наведено на рис. 2.16.

Усі датчики можуть житися від одного +24 В блоку живлення. Їх сумарна споживана потужність:

$$P = 1.0 + 1.0 + 1.0 + 1.0 + 1.0 + 1.0 = 14.0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з цього у якості джерела живлення датчиків обрано блок живлення SPD24301.

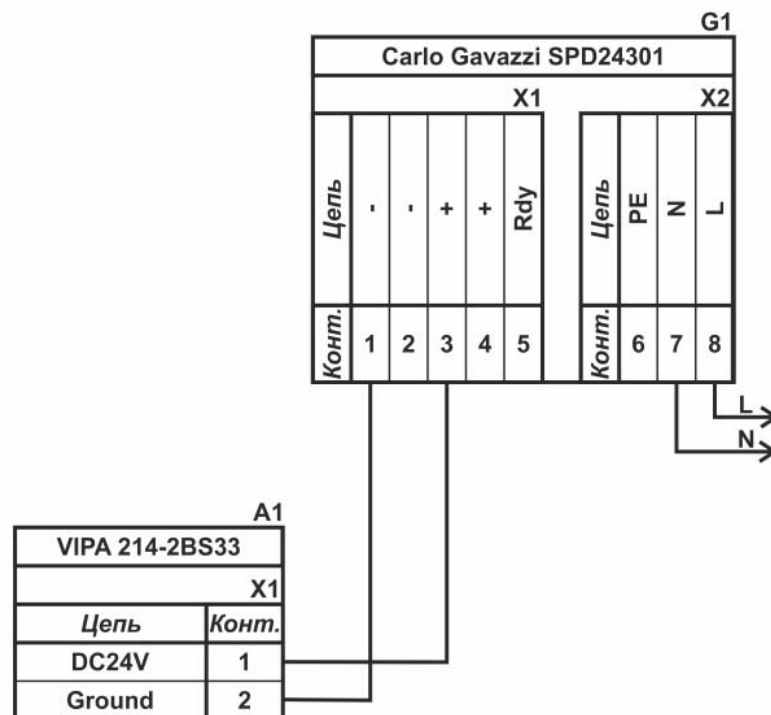


Рисунок 2.18 – Схема підключення програмованого логічного контролера до блоку живлення SPD24301

Модуль дискретного виводу та дискретні входи частотного перетворювача живляться від частотного перетворювача і тому не потребують наявності окремого блока живлення.

## 2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі вимог до системи управління переміщенням буксиру та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.19.

У якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер (UY 11 – VIPA 214-2BS33). Даний програмований логічний контролер підключено до пульта оператора (UYR 12) в якості котрого виступає персональний комп'ютер за допомогою інтерфейсу RS-485.

Наявність перешкод на шляху буксира визначається за допомогою чотирьох датчиків, які розміщені по одному з кожного боку буксира (GE 1-1, GE 2-1, GE 9-1, GE 10-1 – ультразвукового датчику відстані MICROSONAR UTP-2114) та їх перетворювачів (GT 1-2, GT 2-2, GT 9-2, GT 10-2).

Наявність палети на буксирі визначається за допомогою відповідного індуктивного датчика (GE 6-1 – MICROSONAR UTP-2114) та його перетворювача (GT 6-2).

Контролер (UY 11) керує поворотом буксиру за допомогою частотного перетворювача (SE 11-1 – частотний перетворювач Lenze ESMD152L4TXA ) та його перетворювача з аналоговим входом  $4\div 20$  мА (SC 11-2), які забезпечують зміну швидкості обраного куту повертання - обертання електропривода (M1), напрямок повороту задається SC5-2 (дискретний модуль виводу контролеру).

Контролер (UY 12) керує положенням буксира за допомогою частотного перетворювача (SE 8-1 – частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21) та його перетворювача з аналоговим входом  $4\div 20$  мА (SC 8-2), які забезпечують зміну швидкості на обраному прямому обертання електропривода (M2). напрямок руху задається SC7-2 (дискретний модуль виводу контролеру).

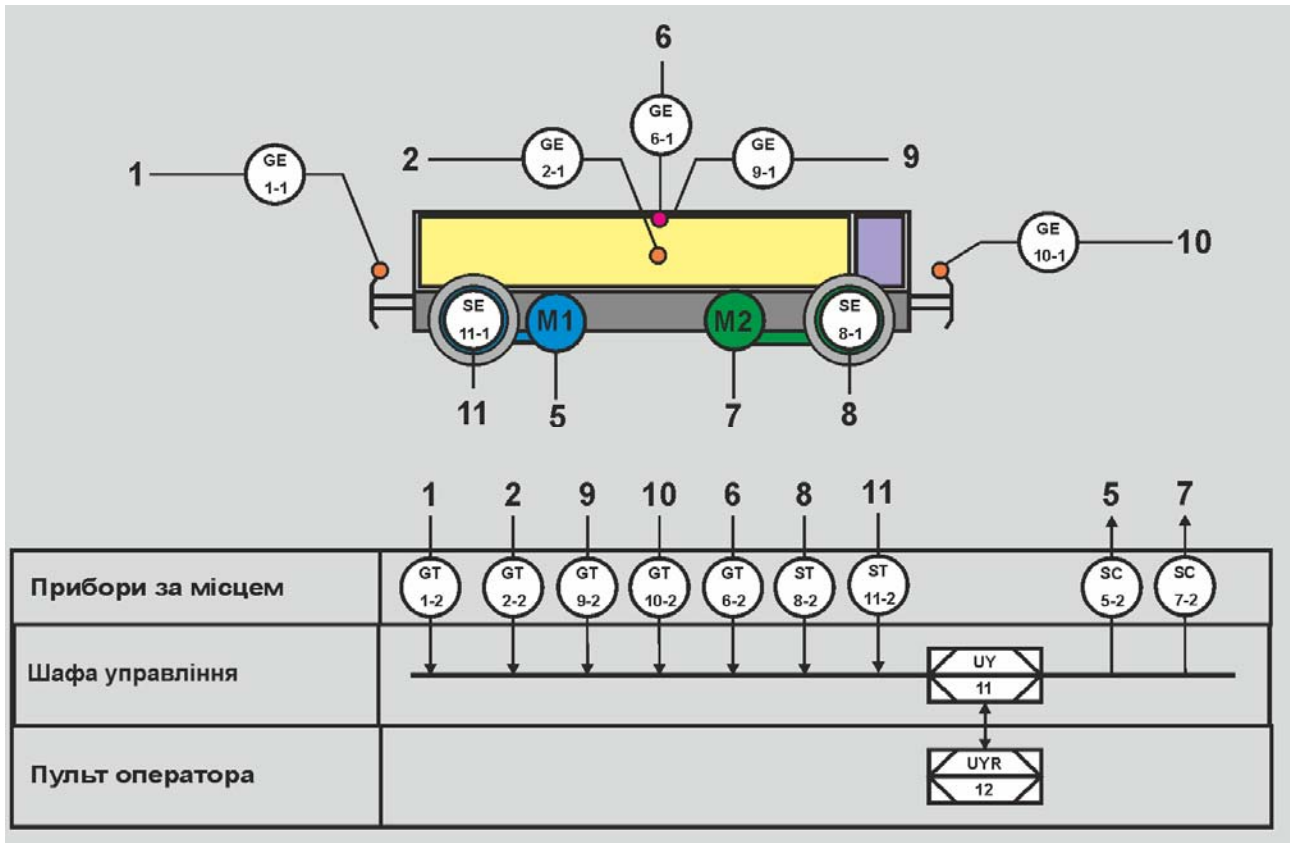


Рисунок 2.19 – Функціональна схема автоматизації системи управління

## 2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи управління положенням буксира (рис. 2.20).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного вводу VIPA 221-1BF00 (A1 – X4), функціонального модулю лічильника VIPA 250-1BS00 (A1 – X5), модулю аналогового виводу (A1 – X6) та модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X7). Модуль дискретного виводу (A1 – X7) живиться від частотного перетворювача Delta VFD110CP4EA-21.

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та пультом оператора в якості якого виступає персональний комп'ютер (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2, A2 – X1).

Датчик наявності палети MICROSONAR UTP-2114 (B1) та датчики аварійної зупинки MICROSONAR UTP-2114 (B2-B5) підключені до модулю дискретного вводу VIPA 221-1BF00 (A1 – X4).

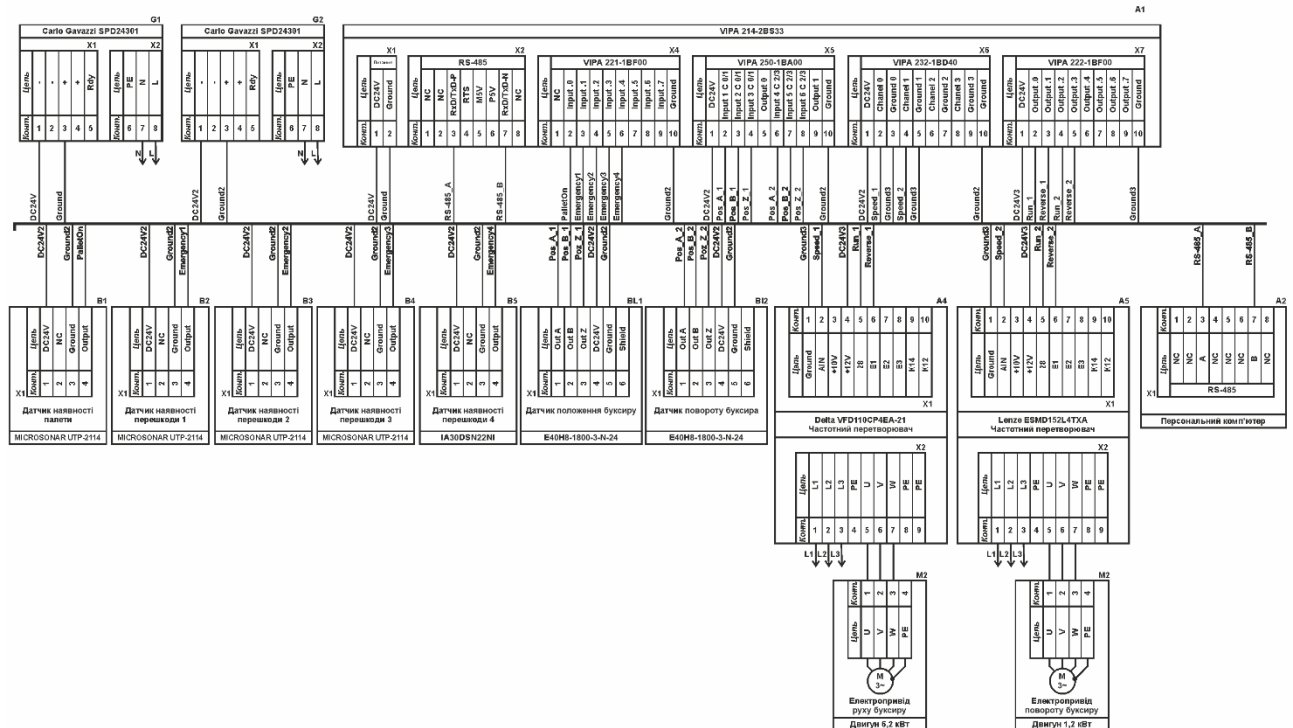


Рисунок 2.20 – Схема електрична принципова системи управління

Датчик положення буксиру Autonic E40N8-1800-3-N-24 (BL1) в якості якого виступає енкодер підключений до функціонального модуля лічильника VIPA 250-1BS00 (A1 – X5) по трьом каналам А, В, Z. Лічильник виконує підрахунок імпульсів енкодера з урахуванням напрямку його обертання. Данні лічильника отримуються програмованим логічним контролером.

Датчик повороту буксиру Autonic E40N8-1800-3-N-24 (BL2) в якості якого виступає енкодер підключений до функціонального модуля лічильника VIPA 250-1BS00 (A1 – X5) по трьом каналам А, В, Z. Лічильник виконує підрахунок імпульсів енкодера з урахуванням напрямку його обертання. Данні лічильника отримуються програмованим логічним контролером.

Управління електроприводом переміщення буксиру (M2) реалізовано за допомогою частотного перетворювача Delta VFD110CP4EA-21 (A4). Програмований логічний контролер (A1) за допомогою дискретних виходів



обирає напрям переміщення буксиру і дозволяє його рух, а за допомогою аналогового виходу задає швидкість переміщення буксиру.

Управління електроприводом повороту буксиру (M1) реалізовано за допомогою частотного перетворювача Lenze ESMD152L4TXA (A5). Програмований логічний контролер (A1) за допомогою дискретних виходів обирає напрям повороту буксиру і дозволяє його поворот, а за допомогою аналогового виходу задає швидкість повороту коліс буксиру.

## **2.5 Висновки за розділом**

У якості об'єкта управління виступає підсистема управління транспортним буксиром БУКСИР-3000.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми управління.

## 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

### 3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням системи до контуру управління швидкістю буксира входять об'єкт управління, в якості котрого виступає буксир, датчик швидкості буксира, в якості котрого виступає енкодер Autonics E40H8-1800-3-N-24, який має  $0 \div 1\ 800$  імп./об., пристрій управління в якості котрого виступає логічний контролер VIPA 214-2BS33 та електропривод - циліндричний мотор редуктор Transtecno 100LA4 CMGIS 032 6,2 кВт. Швидкість електродвигуна  $0 \dots 3\ 000$  об./хв. з сигналом керування  $0 \div 10$  В з урахуванням частотного перетворювача. Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з програмним комплексом SCADA-система zenon. Така система дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкту для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи яка наведена на рис. 3.1.

Згідно з структурною схемою система дослідження може формувати керуючий вплив, у якості котрого виступає швидкість двигуна в діапазоні  $0 \div 3\ 000$  об./хв., яка з урахуванням понижуючого редуктора передала зусилля формує швидкість переміщення буксира. Крім того система може розраховувати швидкість переміщення буксира на підставі значень, які отримуються від інкрементного енкодера з діапазоном  $0 \div 1\ 800$  імп./об. За розрахунок швидкості відповідає програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33..

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером з програмним комплексом SCADA-система zenon реалізується за допомогою інтерфейсу Ethernet.

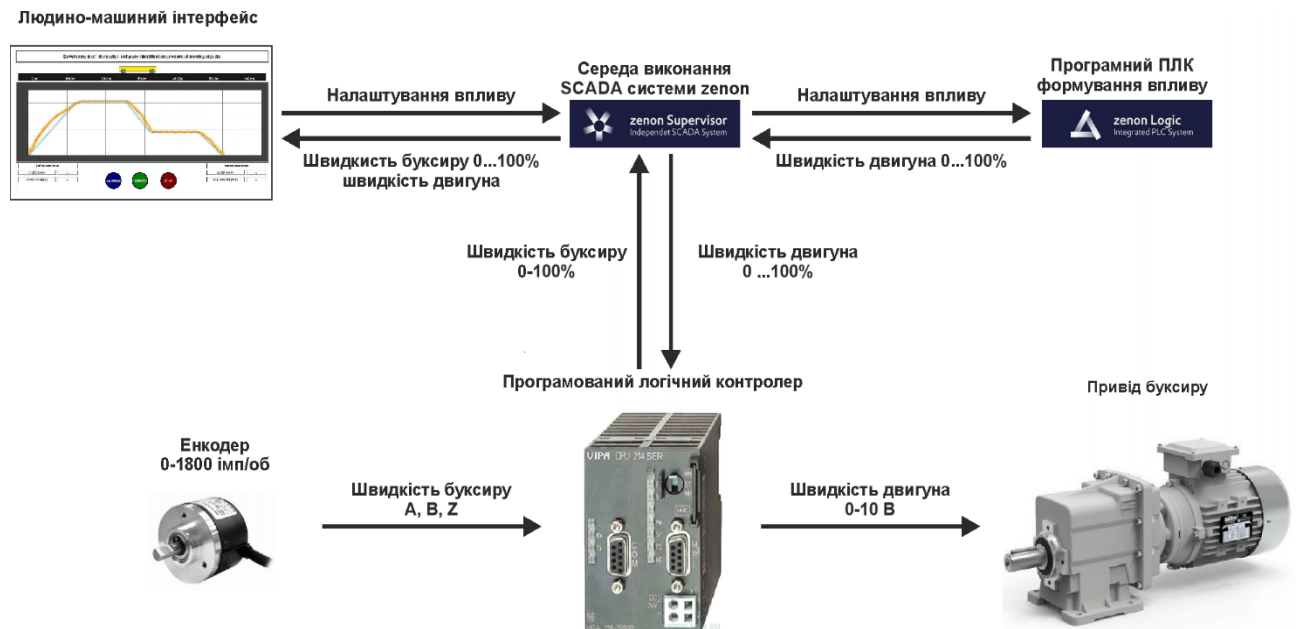


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

### 3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів та поданнях їх на двигун. При цьому об'єкт управління накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт управління може бути досліджено за допомогою метода активного експерименту.

Для виконання ідентифікації об'єкта управління необхідно отримати його динамічну, статичну характеристику та перевіірочні данні. Отримання характеристики при П-образному впливі непотрібне так як відомо що об'єкт управління є симетричним та не володіє інтегруючими властивостями. На підставі цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.

2.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, швидкість двигуна становить 0 об./хв., а буксир знаходиться у початковому положенні і не рухається.

2.2. Запустити процес реєстрування.

2.3. Подати у якості керуючого впливу максимальну швидкість двигуна, (100 %) дочекатися досягнення усталеного режиму.

2.4. Зупинити двигун.

2.5. Зупинити процес реєстрації.

3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

3.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, швидкість двигуна становить 0 об/хв, а буксир знаходиться у початковому положенні і не рухається.

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Подати у якості керуючого впливу 25 % швидкості двигуна, дочекатися досягнення усталеного режиму двигуна (750 об./хв.).

3.4. Подати у якості керуючого впливу 50 % швидкості двигуна, дочекатися досягнення усталеного режиму двигуна (1500 об./хв.).

3.5. Подати у якості керуючого впливу 75 % швидкості двигуна, дочекатися досягнення усталеного режиму двигуна (2250 об./хв.).

3.6. Подати у якості керуючого впливу 100 % швидкості двигуна, дочекатися досягнення усталеного режиму двигуна (3000 об./хв.).

3.7. Зупинити двигун.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання перевірочних даних.

4.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, швидкість двигуна становить 0 об/хв., а буксир знаходиться у початковому положенні і не рухається.

4.2. Запустити процес реєстрування.

4.3. Запустити програму відпрацювання тахограми.

4.4. Зупинити двигун.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

Виходячи з технічних характеристик двигуна, час перехідного процесу не перевищує 1 секунди, тому формування керуючих впливів та реєстрування даних буде виконуватися програмованим логічним контролером з подальшою передачею результатів до програмного комплексу zenon.

### 3.3 Виконання експерименту

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження, буксиру з макс. швидкістю 5 км/г. (1,39 м/с), та масштабуванням обертів енкодера. При діаметри колеса буксира 0,4 м, за один оберт колеса (та енкодера) буксир проїде 1,25 м.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкту управління (рис. 3.2). Для цього буксир був переміщений у початкове положення, а двигун було вимкнено. Після чого за допомогою програмованого логічного контролеру на вхід двигуна протягом однієї секунди подавалося значення, яке відповідало максимальній швидкості обертів електродвигуна.

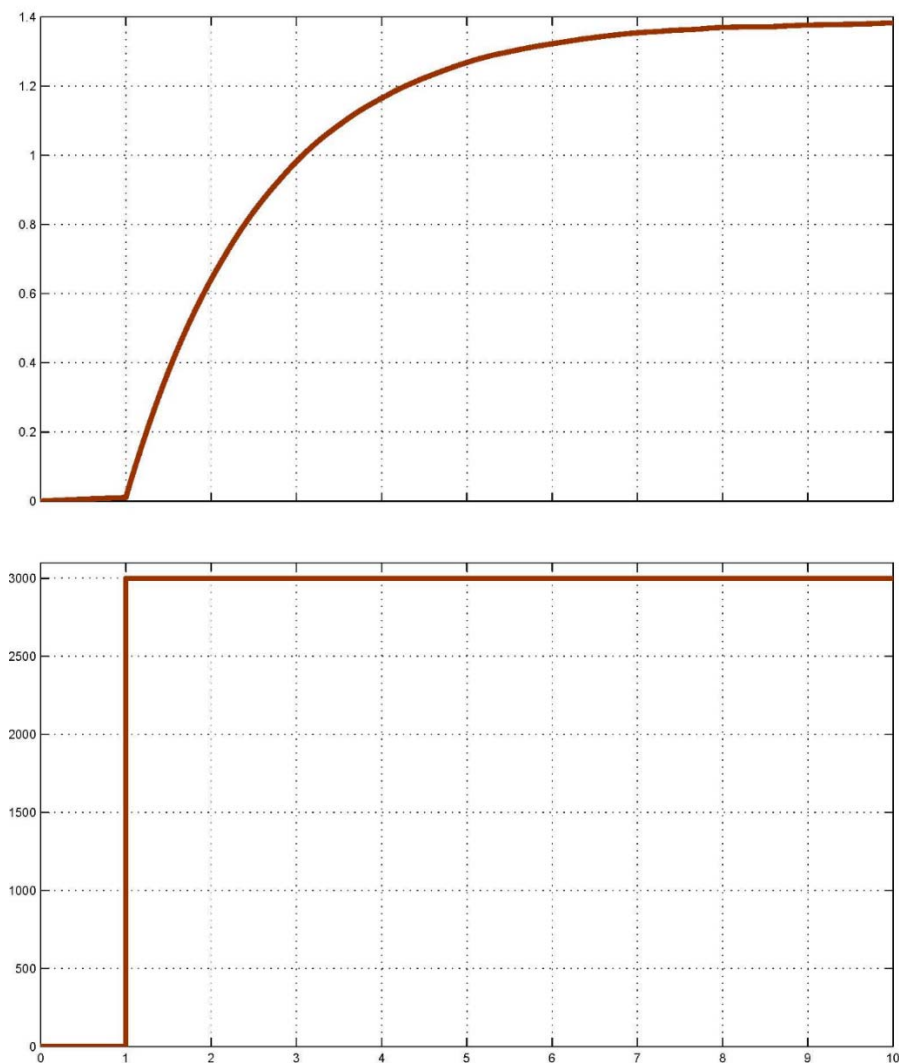


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика

На третьому етапі було виконано отримання даних за для побудови статичної характеристики (рис. 3.3). Для цього буксир був переміщений у початкове положення, а двигун було вимкнено. Після чого за допомогою програмованого логічного контролера на вхід двигуна послідовно по 10 с були подані команди по завданню швидкості 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, які дорівнюють значенням швидкості електродвигуна, відповідно - 750 об./хв., 1 500 об/хв, 2 250 об/хв, 3 000 об/хв.

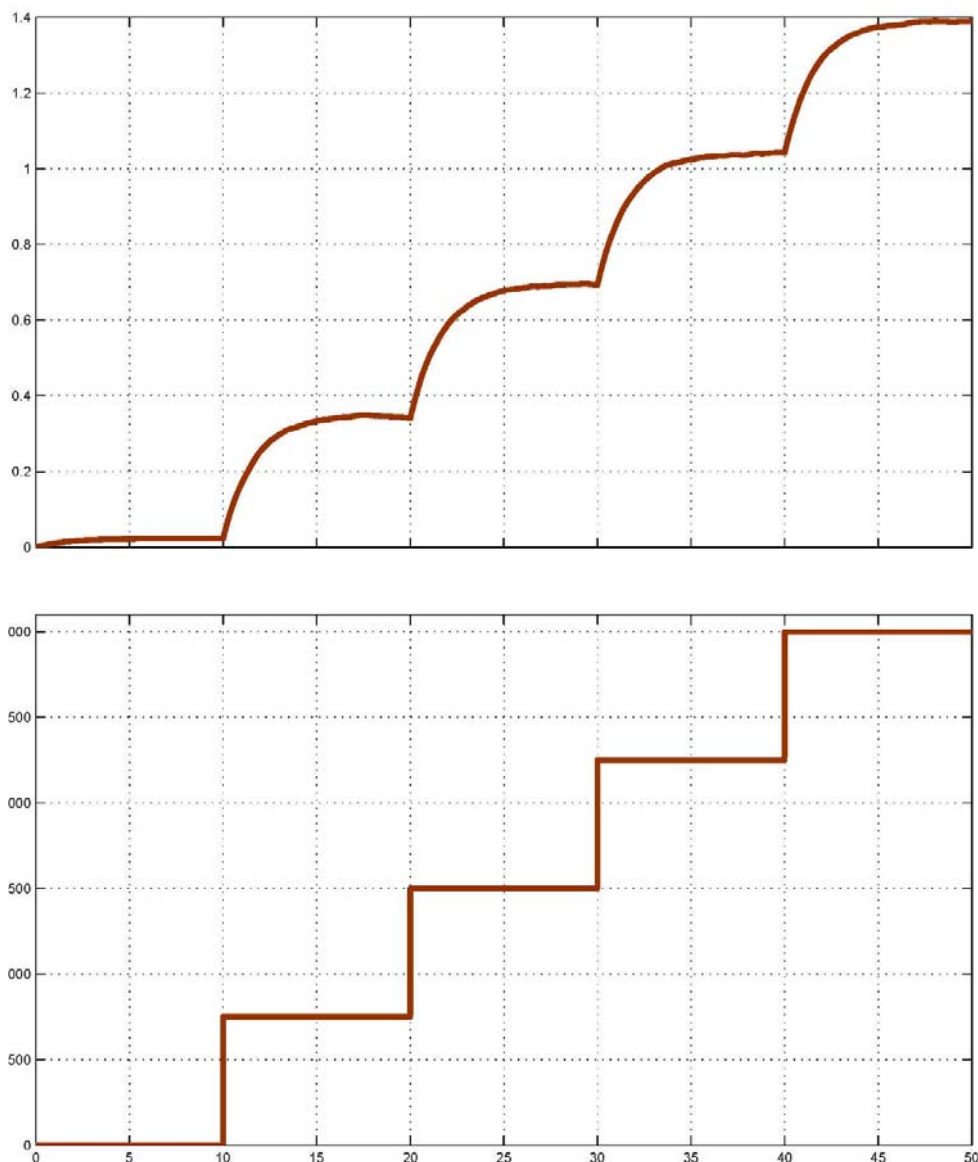


Рисунок 3.3 – Статична характеристика

На четвертому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.4). Для цього було використано програму розімкненого управління по відпрацюванню тахограми.

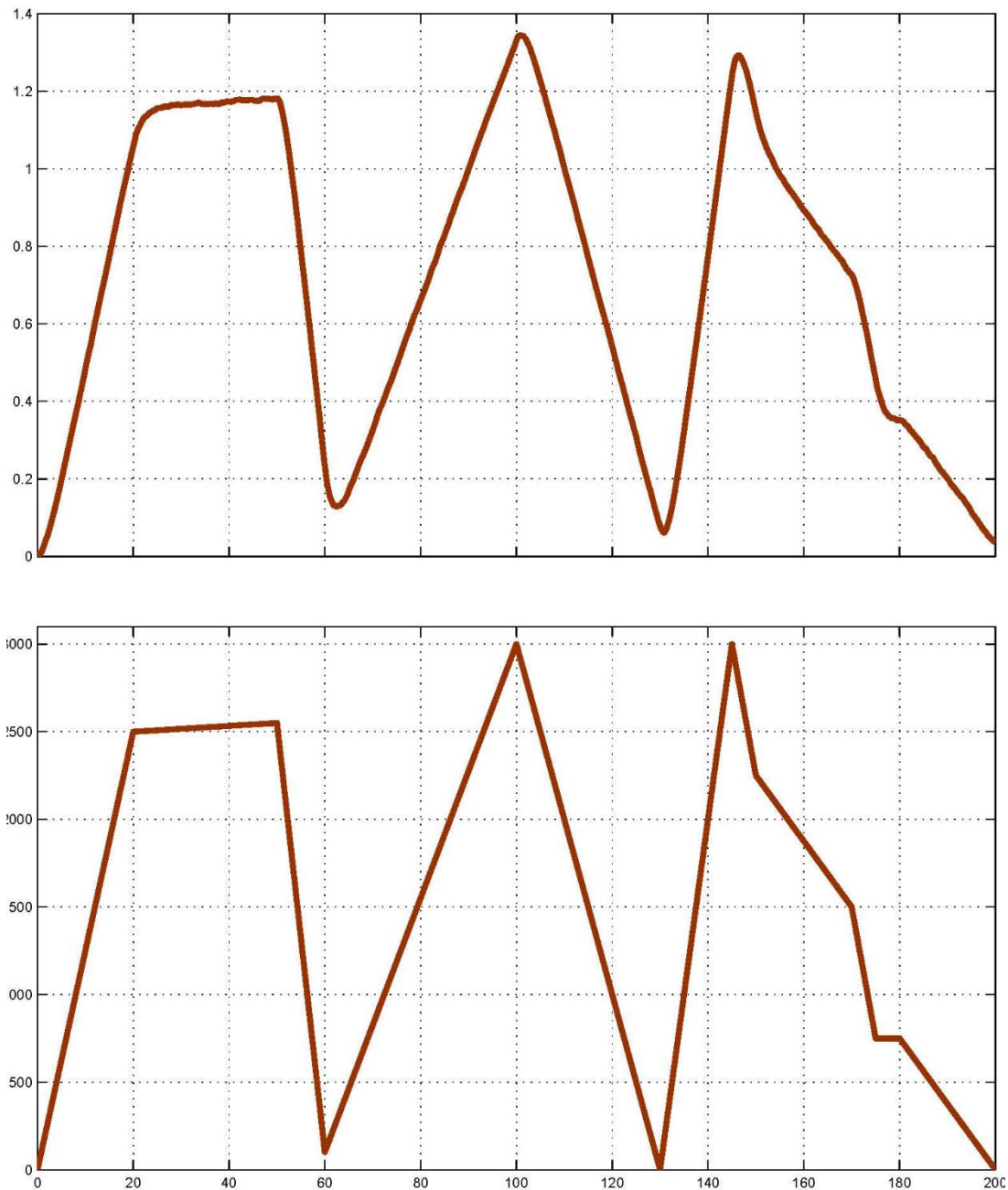


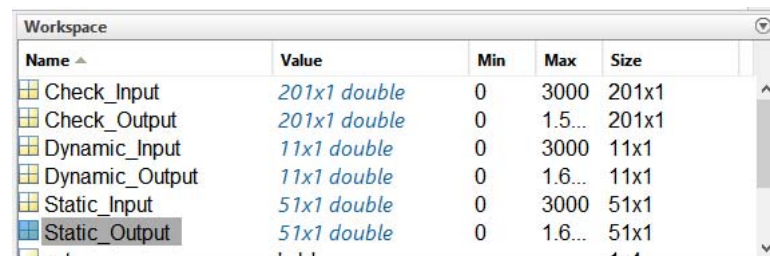
Рисунок 3.4 – Перевірочні характеристика

У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкту управління. В результаті чого отримана динамічна характеристика, дані за для побудови статичної характеристики та перевірочні дані.

## 3.4 Обробка результатів експерименту

### 3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані з програмного пакету SCADA-система zenon у вигляді текстових файлів було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.5). Змінні задані даним динамічної характеристики “Dynamic\_Input”, “Dynamic\_Output”, даним для побудови статичної характеристики “Static\_Input”, “Static\_Output”, перевірочним даним “Check\_Input”, “Check\_Output”. Суфікс “\_Input” позначає керуючі впливи, а суфікс “\_Output” дійсні значення.



Name	Value	Min	Max	Size
Check_Input	201x1 double	0	3000	201x1
Check_Output	201x1 double	0	1.5...	201x1
Dynamic_Input	11x1 double	0	3000	11x1
Dynamic_Output	11x1 double	0	1.6...	11x1
Static_Input	51x1 double	0	3000	51x1
Static_Output	51x1 double	0	1.6...	51x1

Рисунок 3.5 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”:

```
>>Dynamic=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1);
>>plot(Dynamic_Raw)
>>Static=iddata(Static_Output, Static_Input, 1);
>>plot(Static_Raw)
>>Check=iddata(Check_Output, Check_Input, 1);
>>plot(Check_Raw)
```

Аналіз показав, що отримані дійсні значення не мають статичного здвигу і тому на цьому підготовка даних завершена.

### 3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об’єкту управління проаналізуємо динамічну характеристику об’єкту управління (рис. 3.6). Після подачі керуючого впливу швидкість буксира зразу починає збільшуватися, тому об’єкт управління не має запізнення. Крім того на характеристиці також відсутня інерція, характер



перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює одному. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки першого порядку.

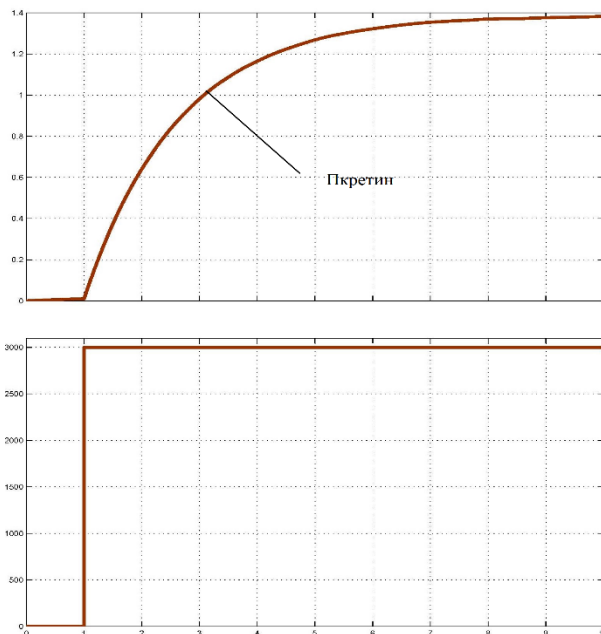


Рисунок 3.6 – Динамічна характеристика

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.7):

```
Static_Input_Vector = [0 10 20 30 40 50];
Static_Output_Vector = [0 0 750 1500 2250 3000];
plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

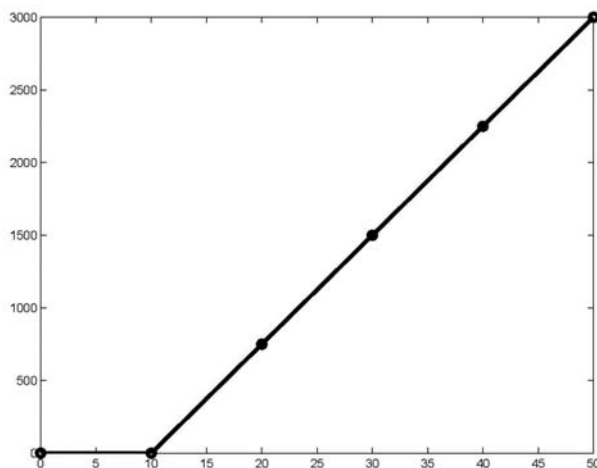


Рисунок 3.7 – Статична характеристика

Статична характеристика об'єкту управління є лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у всьому діапазоні швидкостей.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки першого порядку:

$$W(s) = \frac{k}{(Ts + 1)}, \quad (3.1)$$

де  $W(s)$  – передавальна функція;

$k$  – коефіцієнт підсилення;

$T$  – постійна часу (с).

### 3.4.3 Параметрична ідентифікація

Як було встановлено об'єкт управління є лінійним, а його коефіцієнт підсилення може бути розрахований згідно з статичною характеристикою (макс. швидкість буксиру 1,39 м/с при частоті обертів двигуна електроприводу 3000 об/хв):

$$k = \frac{1,39}{3\,000} = 0.000463. \quad (3.2)$$

Визначення постійної часу об'єкту управління виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, якому у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики, а перевіірочні данні для оцінки відповідності моделі об'єкту управління, так як ці данні раніше не використовувалися при ідентифікації (рис. 3.8).

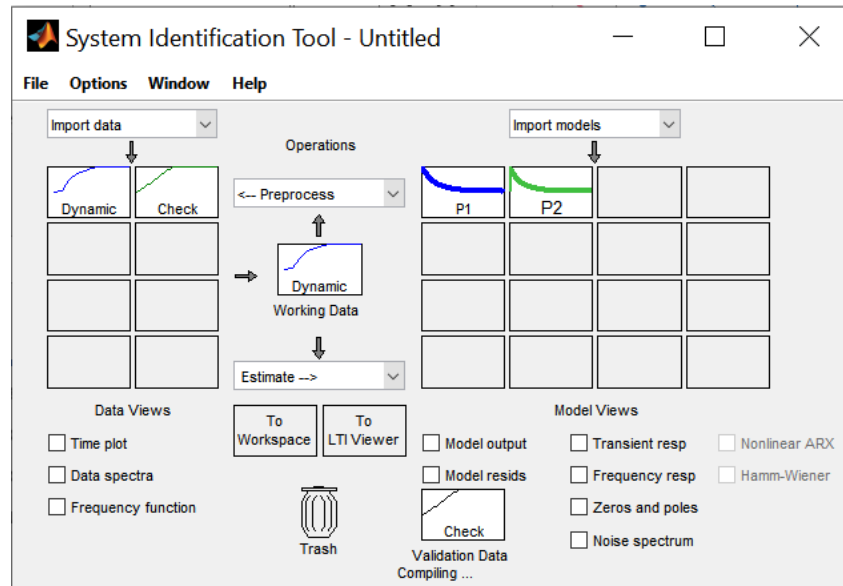


Рисунок 3.8 – Налаштування System Identification Toolbox

Визначення параметрів моделі об'єкта управління виконано за допомогою методу "Process Models". Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.9.

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = -----
      1+Tpl*s

      Kp = 0.0004624
      Tpl = 1.6291

Name: P1
Parameterization:
  'p1'
  Number of free coefficients: 2
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "Dynamic".
Fit to estimation data: 99.38%
FPE: 1.528e-05, MSE: 1.087e-05

```

Рисунок 3.9 – Результати моделювання, модель P1

```

Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = -----
      (1+Tp1*s)(1+Tp2*s)

      Kp = 0.00046263
      Tp1 = 1.6399
      Tp2 = 0.00043554

Name: P2
Parameterization:
  'P2'
  Number of free coefficients: 3
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "Dynamic".
Fit to estimation data: 99.81%
FPE: 1.81e-06, MSE: 1.043e-06

```

Рисунок 3.10 – Результати моделювання, модель P2

Згідно з результатами розрахунків для об'єктів першого і другого порядку, комплекти параметрів моделей P1 та P2 дуже та задовольняють вимогам технічної точності 10%. Таким чином можливо остаточно затверджувати, що об'єкту управління відповідає аперіодична ланка першого порядку, як найбільш проста в подальшій реалізації, при побудові програмного забезпечення системи управління.

Перевірка результатів розрахунків параметрів моделі наведені на рис. 3.11 та в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об'єктів управління

Назва параметру	P1	P2
K	0.0004624	0.0004638
T1, c	1.6291	1.6399
T2, c	–	0.00043554–
Dynamic – Динамічна характеристика		
NRMSE, %	99.38	99.81
FPE	0	0
MSE	0	0
Check – Перевірочні данні		
NRMSE, %	99.61	99/61

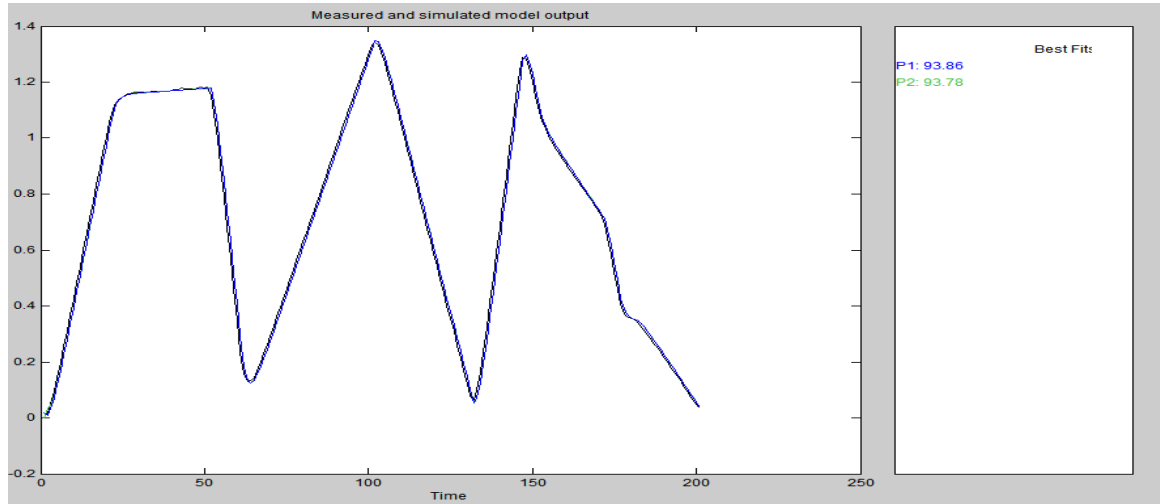


Рисунок 3.11 – Перевірка результатів розрахунків

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкту управління у вигляді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{0.0004624}{(1.6291s + 1)} \quad (3.2)$$

### 3.4.4 Розробка моделі об'єкту управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкту управління в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.12) у вигляді передавальної функції.

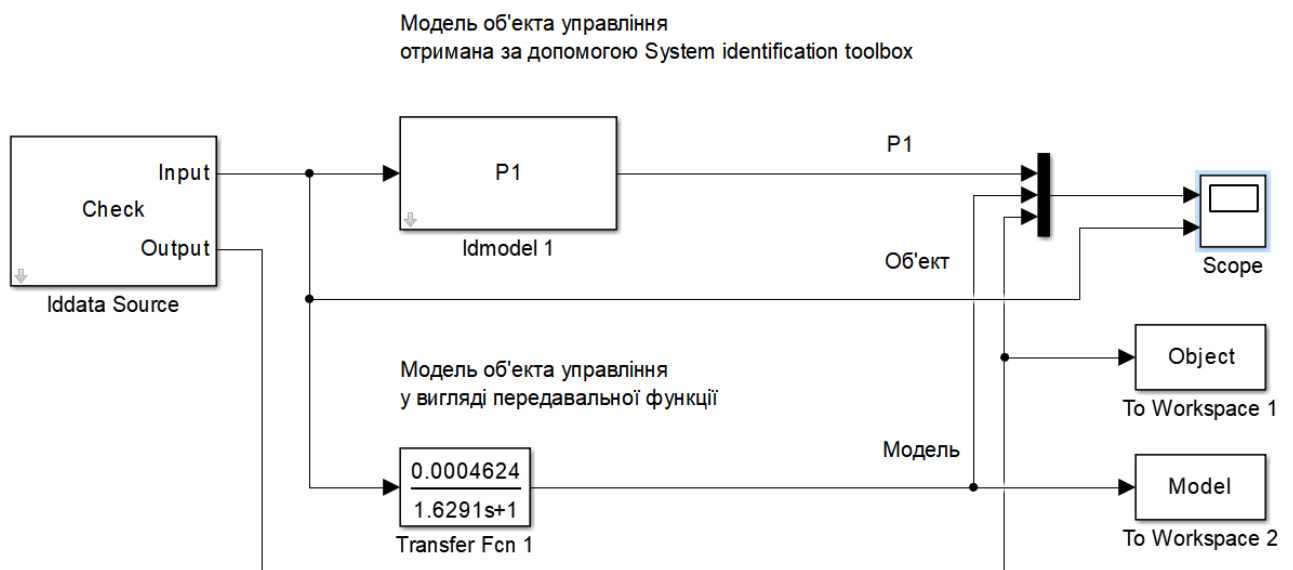


Рисунок 3.11 – Модель об'єкту управління в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкту управління з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.12. Згідно отримана модель об'єкту у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкту отриманої у програмному забезпеченню “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отримана модель у вигляді передавальної функції може бути використовуватися у подальших дослідженнях.

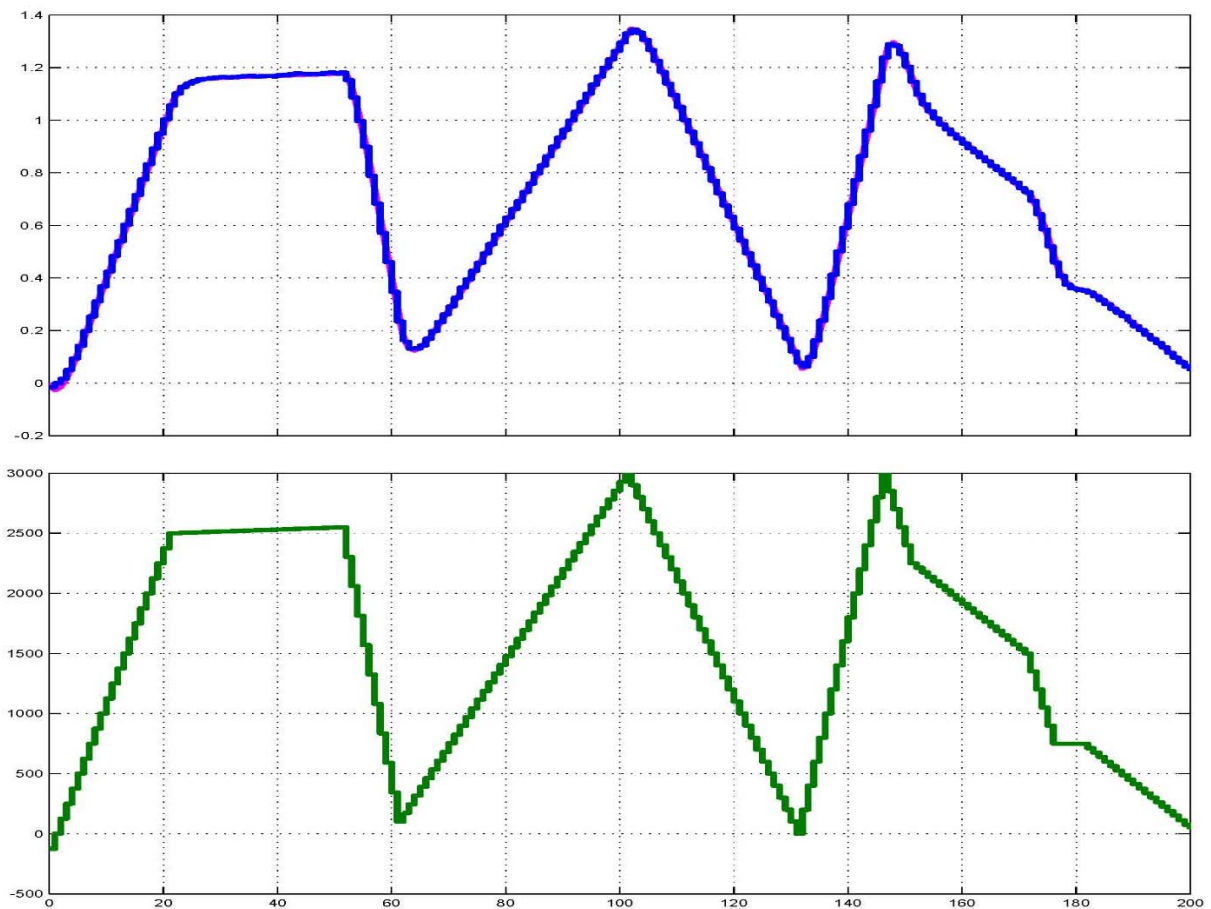


Рисунок 3.13 – Результати моделювання

### 3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

На підставі результатів моделювання та перевірочних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
nrmse =
    99.38
```

Згідно з перевіркою модель відповідна до об'єкту управління на 99,38 %, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкту управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкту управління наведена на рис. 3.13, а результати моделювання на рис. 3.14.

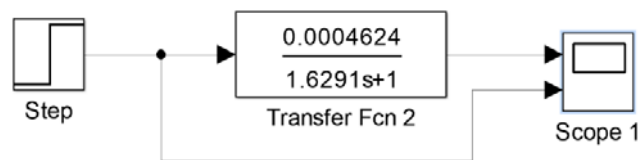


Рисунок 3.13 – Остаточна модель об'єкта управління

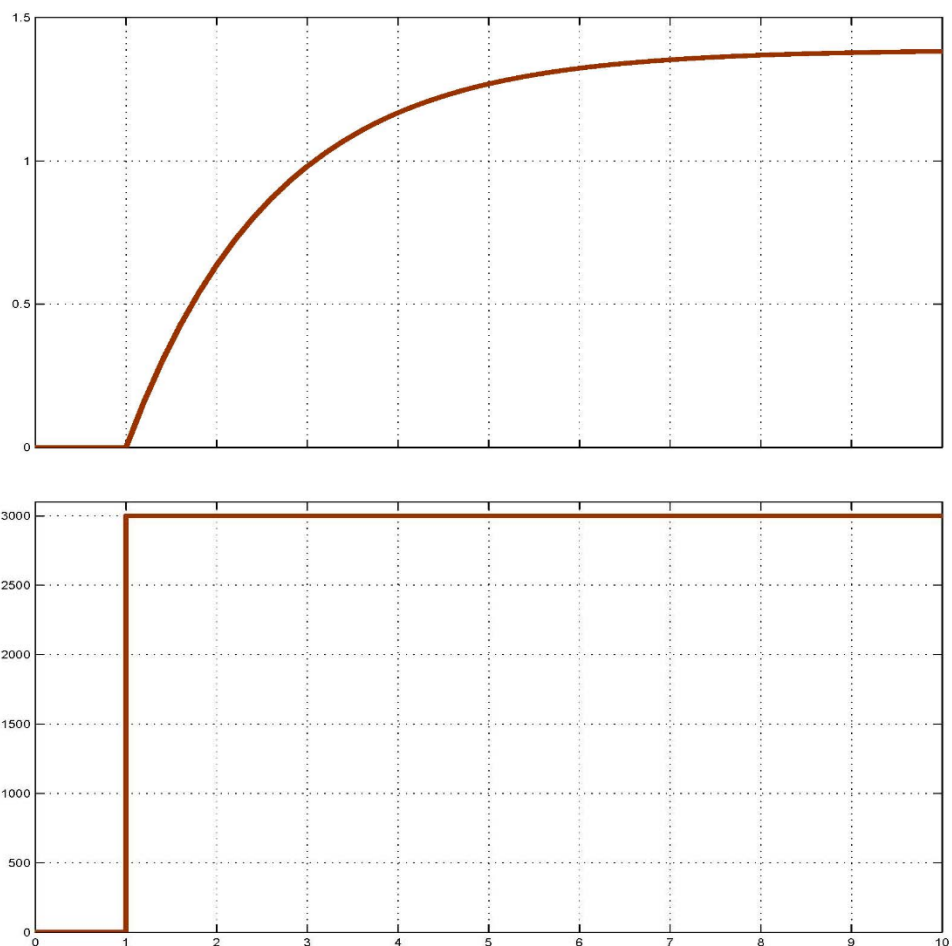


Рисунок 3.14 – Результати моделювання

### 3.5 Висновки за розділом

В процесі виконання кваліфікаційної роботи виконано дослідження об'єкта управління.

В результаті структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки першого.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки першого порядку і розрахована його параметри.

На підставі передавальної функції розроблена модель об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта відповідає перевірочним даними на 99,38 %. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використаня для моделювання об'єкта управління і системи управління в цілому.



## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

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

У цьому розділі кваліфікаційної роботи приведено економічне обґрунтування доцільності використання автоматизованої система управління транспортного буксиру. В якості об'єкта управління виступає буксир, для якого виконується розробка системи автоматичного управління переміщенням. Вхідними параметрами є сигнали управління поворотом та переміщенням транспортного буксиру. Вихідними параметрами об'єкту управління є наявність палети на буксиру, наявність перешкоди на шляху транспортного буксиру та положення транспортного буксиру.

Проектована підсистема автоматизації дозволить істотно заощадити на підвищенню швидкості доставки вантажів, зменшенню логістичних помилок.

### 4.1 Розрахунок капітальних витрат

#### 4.1.1 Розрахунок трудомісткості розробки програмного забезпечення

Нормування праці в процесі створення програмного забезпечення ускладнене із-за творчого характеру праці програмістів. Тому трудомісткість обробки програмного забезпечення може бути розрахована на основі системи моделей з різною точністю оцінки.

Трудомісткість обробки праці програмного забезпечення можна розрахувати по формулі:

$$t = t_0 + t_d + t_a + t_n + t_{opl} + t_d, \text{ людино-годин} \quad (4.1)$$

- де  $t_0$  – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;  
 $t_d$  – витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;  
 $t_a$  – витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;  
 $t_n$  – витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;  
 $t_{opl}$  – витрати праці на налаштування програм на ЕОМ;  
 $t_d$  – витрати праці на підготовку документації за завданням.

Складові частини витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів в програмному забезпеченні. До них відносять ті оператори, яких необхідно написати в процесі роботи над програмою з урахуванням можливих уточнень в постановці завдання і удосконалення алгоритму.

Умовна кількість операторів в програмі:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.2)$$

де  $q$  – кількість операторів, використовуваних в програмі;

$z$  – коефіцієнт складності програми;

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

За узгодженням з керівником проекту, значення коефіцієнтів  $z$  і  $p$  були узяті відповідно до 1,25 і 0,2.

Таким чином, для програми, описаної в кваліфікаційній роботі:

$$Q = 1200 \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,2) = 1800 \text{ операторів.}$$

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають  $t_0=10$ .

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з уточненням опису і кваліфікації програміста по формулі:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ людино-годин,} \quad (4.3)$$

де  $B$  – коефіцієнт збільшення витрат праці  $B=1,2,1,5$ ;

$k$  – коефіцієнт програміста, які визначається залежно від стажу роботи за фахом.

В даному випадку коефіцієнт  $k = 0,8$  - при стажі роботи до 2 років.

Таким чином, витрати праці на вивчення опису завдання :

$$t_0 = \frac{1800 \cdot 1,3}{85 \cdot 0,8} = 34,4 \text{ людино-годин.}$$

Витрати праці на обробку алгоритму рішення задачі :

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ людино-годин,} \quad (4.4)$$

$$t_a = \frac{1800}{25 \cdot 0,8} = 90 \text{ человеко-часов.}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі:

$$t_n = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{людино-годин,} \quad (4.5)$$

$$t_n = \frac{1800}{25 \cdot 0,8} = 90 \text{ людино-годин.}$$

Витрати праці на налаштування програм ЕОМ розраховуються по формулі, за умови автономного налаштування одного завдання :

$$t_{oml} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{людино-годин,} \quad (4.6)$$

$$t_{oml} = \frac{1800}{5 \cdot 0,8} = 450 \text{ людино-годин.}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням визначаються по формулі:

$$t_o = t_{op} + t_{oo}, \text{людино-годин,} \quad (4.7)$$

де  $t_{op}$  – трудомісткість підготовки матеріалів до рукопису;

$t_{oo}$  – трудомісткість редагування, друку і оформлення документації.

$$t_{op} = \frac{Q}{(15...20) \cdot k}; \quad (4.8)$$

$$t_{op} = \frac{1800}{20 \cdot 0,8} = 112,5 \text{ людино-годин,}$$

$$t_{oo} = 0,75 \cdot t_{op}; \quad (4.9)$$

$$t_{op} = 0,75 \cdot 112,5 = 84,4 \text{ людино-годин,}$$

$$t_o = 112,5 + 84,4 = 196,9 \text{ людино-годин,}$$

$$t = 10 + 34,4 + 90 + 90 + 450 + 196,9 = 871,3 \text{ людино-годин.}$$

Таким чином, трудомісткість розробки програмного забезпечення складає 871,3 людино-годин.

#### 4.1.2 Розрахунок витрат на створення програмного забезпечення

Витрати на створення програмного забезпечення ( $K_{пз}$ ) включають витрати на заробітну плату розробника програми і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ (Змн) :

$$K_{пз} = Z_{пз} + Z_{мн}, \text{ грн.} \quad (4.10)$$

Заробітну плату розробника програми визначається по формулі:

$$Z_{пз} = t \cdot C_{пр}, \text{ грн,} \quad (4.11)$$

де  $t$  – загальна трудомісткість розробки програмного забезпечення;

$C_{пр}$  – середньо-годинна заробітна плата програміста (основна і додаткова) з нарахуваннями, грн/годину.  $C_{пр} = 65$  грн/годину.

$$Z_{пз} = 871,3 \cdot 65 = 37\,408,5 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ :

$$Z_{мч} = t_{отл} \cdot C_{мч}, \text{ грн,} \quad (4.12)$$

де  $t_{отл}$  – трудомісткість відлагодження програм на ЕОМ;

$C_{мч}$  – вартість машино-години ЕОМ, грн/годину.

$$C_{мч} = 15 \text{ грн/годину.}$$

$$Z_{мч} = 450 \cdot 15 = 6750 \text{ грн,}$$

$$K_{пз} = 37\,405,5 + 6750 = 44\,158,5 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати на створення програмного забезпечення складають 44 158,5 грн

#### 4.1.3 Розрахунок додаткових капітальних витрат

Капітальні витрати - це засоби, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні витрати на розробку створюваної системи видаленого контролю відбиті в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок капітальних витрат при розробці

№	Устаткування	Кількість, шт.	Ціна, грн	Монтажно-налагоджувальні роботи, грн	Всього
1	Датчик MICROSONAR UTP-2114	1	527,00	42,16	569,16
2	Датчик E40H8-1 800-3-N-24	2	7425,00	594,0	8019,00
3	Частотний перетворювач ESMD152L4TXA	1	4635,00	370,80	5 005,8
4	Частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21	1	20825,00	1666,00	22491,00
5	Програмований логічний контролер 214-2BS33	1	9800,00	784,00	10584,00
6	Модуль дискретного вводу 221-1BF00	1	4050,00	324,00	4374,00
7	Функціональний модуль 250-1BS00	1	2500,00	200,00	2700,00
8	Модуль аналогового виводу 232-1BD40	1	9800,00	784,00	10584,00
9	Модуль дискретного виводу 222-1BF00	1	2500,00	200,00	2700,00
10	Блок живлення SPD24301	1	2500,00	200,00	2700,00
	<b>Всього</b>	-	<b>64562</b>	<b>5164,96</b>	<b>69726,96</b>

#### 4.2 Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію і обслуговування об'єкту проектування за певний період (наприклад, рік), виражені в грошовій формі:

$$Z_{\text{тек}} = C_a + C_z + C_c + C_m + C_s, \quad (4.13)$$

де  $C_a$  – амортизаційні відрахування;

$I_z$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$I_c$  – відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (22% від  $I_z$ );

$O_m$  – витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування;

$O_t$  – вартість електроенергії, споживаної об'єктом.

Устаткування, розроблене в кваліфікаційній роботі системи, відноситься до 4 групи по мінімальних термінах корисного використання. Передбачуваний термін експлуатації системи складає 5 років.

Розрахунок амортизаційних відрахувань зробимо по методу прискореного зменшення залишкової вартості, де використовується подвоєна норма амортизації :

$$H_A = \frac{2}{t} \cdot 100, \%, \quad (4.14)$$

де  $H_A$  - коефіцієнт амортизації, долі одиниць.

Перевагою цього методу є те, що впродовж перших років експлуатації об'єкту проектування накопичується значна сума коштів, необхідних для його відновлення.

Отже, норма амортизації для проекрованої і альтернативної системи управління складе:

$$H_{a a} = \frac{2}{5} \cdot 100 = 40\%, H_{a пр} = \frac{2}{5} \cdot 100 = 40\%.$$

$$C_a = \frac{ПС \cdot H_a}{100\%}, \text{ грн} \quad (4.15)$$

де  $A_c$  - річна сума амортизації, грн;

$ПС$  - первинна вартість (капітальні витрати –  $K$ ), грн.

$$A_c = C_e \cdot 0,4 = 69726,96 \cdot 0,4 = 27\,890,78 \text{ грн.}$$

Розрахуємо заробітну плату обслуговуючого персоналу :

$$C_e = ((T_{ка} - T_{ур} - B_{mix} - T_{он}) \cdot c_m) \cdot T_{чи}, \text{ грн}, \quad (4.16)$$

де  $T_{ка}$  – кількість календарних днів у році;

$T_{ур}$  – кількість днів празників у році;

$T_{он}$  – кількість днів відпустки у році;

$B_{mix}$  – кількість вихідних днів у році;

$i_m$  – термін зміни;

$B_{ч}$  – середньо-годинна заробітна плата.

$$C_e = (((365 - 10 - 104 - 20) \cdot 8) \cdot 42 = 77\,616 \text{ грн.}$$

Розрахуємо відрахування на соціальні заходи від заробітної плати:

$$I_c = 0,22 \cdot I_z = 0,22 \cdot 77\,616 = 17\,075,52 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування:

$$O_t = 0,01 \cdot K = 0,01 \cdot 69726,96 = 697,27 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної об'єктом:

$$C_e = K_a \cdot K_a \cdot K_{Дж} \cdot K_m \cdot T, \text{ грн.} \quad (4.17)$$

де  $K_a$  - кількість електроенергії, споживаної на робочому місці за годину;

$K_m$  – кількість місяців в році;

$K_m$  – кількість робочих днів за місяць;

Ка – тривалість зміни;

Т – тариф на електроенергію для підприємств (для підприємств 2 класу 1,36844 грн. без ПДВ).

$$C_e = 1 * 8 * 21 * 12 * 1,36844 * 1,2 = 3\,310,53 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати складуть:

$$T_{ек} = 27\,890,78 + 77\,616 + 17\,075,52 + 697,27 + 3\,310,53 = 126\,590,1 \text{ грн.}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати, пов'язані із застосуванням системи, що розробляється, складатимуть 126 590,1 грн.

Річну економію на поточних витратах ( $P_{ук}$ ), визначається по формулі:

$$P_{ук} = Z_{ір} - (T_{ек} + Z_{а}) \quad (4.18)$$

де  $T_{ек}$  - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи<sup>4</sup>

$Z_{ір}$  - витрати без застосування системи;

$Z_{а}$  - витрати після застосування системи.

Розрахуємо річні витрати на рішення задачі без застосування розробленої системи.

За джерельними даними собівартість випуску продукції у середньому зменшиться на 1 %.

Розрахуємо річні витрати на рішення задачі без застосування розробленої системи;

$$Z_{ір} = 0,72 * 100\,000\,000 = 72\,000\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на рішення задачі після застосування системи:

$$Z_{а} = 0,72 * 100\,000\,000 * (1,00 - 0,01) = 71\,280\,000 \text{ грн.}$$

Визначимо річну економію на поточних витратах:

$$P_{ук} = 72\,000\,000 - (126\,590,1 + 71\,280\,000) = 593\,409,9 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія на експлуатаційних витратах складає 593,4 тис. грн.

### 4.3 Оцінка економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності здійснюється на основі визначення і аналізу наступних показників :

1) розрахункового коефіцієнта ефективності капітальних витрат  $E_p$ ;

2) терміну окупності капітальних витрат  $K_{ек}$ .

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат показує, скільки гривень додаткової економії приносить одна гривна капітальних витрат :

$$E_p = \frac{P_{эк}}{K}, \quad (4.19)$$

де  $K$  - капітальні витрати на придбання і впровадження системи видаленого контролю;

$P_{эк}$  - річна економія.

$$E_p = 593\,409,9 / 69\,726,96 = 8,51 \text{ (долі одиниць)}.$$

Таким чином, коефіцієнт ефективності капітальних витрат складе 8,51.

Термін окупності капітальних витрат на придбання і впровадження проекту за рахунок загальної економії розраховується по формулі:

$$T_{эк} = \frac{K}{P_{эк}}, \quad (4.20)$$

$$T_{эк} = 69\,726,96 / 593\,409,9 = 0,12.$$

Таким чином, термін окупності капітальних витрат складе 0,12 року.

Фінансово-економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання розробленого проекту відображені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Фінансово-економічні показники використання системи, що розробляється

Найменування	Одиниця виміру	Значення показника
Капітальні витрати на придбання і впровадження системи	грн	69 726,96
Річні поточні витрати, пов'язані з використанням системи	грн	126 590,1
Річна економія від впровадження системи	грн	593 409,9
Коефіцієнт ефективності	долі од.	8,51
Розрахунковий термін окупності капітальних витрат	років	0,12

#### 4.4 Висновок

У цьому розділі кваліфікаційній роботі були розраховані економічні показники, які показують економічну доцільність системи, що розробляється.

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складуть 69,7 тис. грн. Річні поточні витрати складають 126,6 тис. грн. Річна економія на



поточних витратах складає 593,4 тис. грн. Термін окупності проектних капітальних вкладень за рахунок скорочення експлуатаційних витрат складає 0,12 років. Коефіцієнт ефективності 8,51, тобто кожна гривна капітальних витрат принесе 8,51 грн. прибутку.

Виходячи з розрахованих даних, можна зробити висновок, що впровадження і використання проектованої системи економічно доцільне.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

### 5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при користуванні ПК

Процес розробки програмного забезпечення «Автоматизації система управління технологічним транспортним візком» та подальшого його використання необхідно використовувати ЕОМ, тому в розділі «охорона праці» розглянуті питання впливу шкідливих та небезпечних факторів на здоров'я користувача персонального комп'ютера [10-12]. Робітники, котрі працюють з даним видом обладнання, можуть потрапити під вплив наступних факторів[10]:

фізичних:

- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання, яке може відбутися через тіло людини, що може спричинити ураження людини електричним струмом;
- підвищений рівень шуму на робочому місці (при використанні застарілих моделей комп'ютерів чи принтерів), що може привести до ураження органів слуху та нервових розладів;
- підвищена запиленість повітря, що може спричинити виникнення хвороби дихальної системи;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань, що може привести до виникнення головної білі і перевтоми, зниження точності робочих рухів, порушення сну;
- підвищена напруженість електричних і магнітних полів, що може спричинити виникнення серцево-судинних та нервових хвороб;
- недостатня освітленість робочої зони, що може привести до погіршення зору;
- відхилення від оптимальних норм температури, відносної вологості в робочій зоні, що впливають на продуктивність праці та можуть привести до виникнення переохолодження, втрати свідомості і т.п.;

хімічних:

- рівень іонізації повітря, який не відповідає встановленим нормам;

- небезпечні речовини, які виділяються при роботі з принтерами;
- психофізіологічних:
- напруга зору та уваги;
- інтелектуальні, нервово-психічні та тривалі статичні навантаження;
- монотонність праці;
- великий обсяг інформації, оброблюваний в одиницю часу.

## **5.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці**

### **5.2.1 Заходи щодо електробезпеки**

У приміщенні, в якому знаходиться ЕОМ, сухо, безпильно, відносна вологість не перевищує 75%, температура повітря не більше 36 °С, підлога ізольована, відсутня можливість дотику людини до металевих конструкцій, з'єднаних із землею або з металевим корпусом електрообладнання. Тому, згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) [15] воно по ступеню ураження електричним струмом відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки.

ПЕОМ і устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження повинні мати захист від струмів короткого замикання (максимальний струмовий захист). Провідники й кабелі електромережі варто застосовувати переважно з негорючою ізоляцією.

Лінія електромережі для живлення ПЕОМ, периферійних пристроїв ПЕОМ і устаткування для їхнього обслуговування, ремонту й налагодження виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладки фазного й нульового робочого й захисного провідників. Нульовий захисний провідник служить для занулення електроприймачів.

Використання нульового робочого провідника в якості нульового захисного забороняється [15].

Нульовий захисний провідник прокладається від групового розподільного щита до розеток живлення й не допускається його підключення на щиті до одного контактного затискача з нульовим робочим провідником.

Площа перетину нульових робочого й захисного провідників у груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перетину фазного провідника.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти ПЕОМ, на видному й доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, яким можна повністю відключити електроживлення, за винятком освітлення.

ПЕОМ і периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою штепсельних з'єднань і розеток фабричного виконання, які повинні мати крім контактів фазного й нульового робочого провідників спеціальний контакт для підключення нульового захисного провідника [15-19].

Конструкція їх повинна бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазного й нульового робочого провідників, а порядок роз'єднання при відключенні повинен бути зворотним.

Неприпустиме підключення ПЕОМ і периферійних пристроїв до звичайної двохпровідної мережі, у тому числі з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі для живлення ПЕОМ варто виконувати за магістральною схемою по 3-6 штепсельні з'єднання або електророзеток в одному ланцюзі.

Електророзетки на напругу 12 і 36 В по конструкції й колірному фарбуванню повинні відрізнятися від розеток на 127 або 220 В.

Електромережа розеток прокладається, як правило, у металевих трубах і гнучких металорукавах: уздовж стін приміщення з відводами відповідно до плану розміщення устаткування.

При розташуванні в приміщенні по його периметру до п'яти ПЕОМ допускається використовувати трьохжильний кабель в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу без металевих труб або гнучких металевих рукавів. Заземлені конструкції, що перебувають у приміщенні, (водопровідні труби, батареї опалення й т.д.) повинні бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику [19].

## 5.2.2 Організація робочого місця

Робоче місце користувача ПЕОМ повинен відповідати вимогам ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

Робочі місця варто розташовувати так, щоб природне світло падало збоку, переважно ліворуч.

При розміщенні робочих місць із ПЕОМ варто дотримуватися наступних вимог [24]:

- робочі місця розташовуються на відстані не менше 1 метра від стін зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів повинна бути не менш 1,2 метри;
- відстань між тильною поверхнею одного відеотерміналу й екраном іншого не повинна бути менш 2,5 метри;
- відстань між рядами робочих місць повинна бути не менше 1 метра.

Висота робочої поверхні для відеотерміналу повинна бути в межах 680-800 мм. Рекомендовані розміри стола: висота 725 мм, ширина 600-1400 мм, глибина 800-1000 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм, на рівні витягнутої ноги не менш 650 мм, а так само повинна бути підставка для ніг.

Робоче крісло користувача ПЕОМ повинне мати сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники, положення яких можна регулювати.

Екран відеотерміналу й клавіатуру варто розташовувати на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Відстань від екрана до очей працівника повинна становити:

при розмірі екрана по діагоналі	35-38 см (14"(15")) - 600-700 мм;
	43 см (17") - 700-800 мм;
	48 см (19") - 800-900 мм;
	53 см (21") - 900-1000 мм.

Розміщення принтера повинне забезпечувати гарну видимість екрана відеотерміналу й ручного керування ним. Під матричний принтер варто підкладати вібраційний килимок.

При виконанні робіт, що вимагають високої концентрації уваги, необхідно відокремити одне робоче місце від іншого перегородками висотою 1,5-2,0 метра.

### 5.2.3 Заходи щодо зменшення запиленості повітря

Поверхня підлоги рівна, неслизька, з антистатичними властивостями. У приміщенні щодня здійснюється вологе прибирання для усунення пилу, встановлені іонізатори для зниження рівня кисневого вакууму. Для захисту повітря робочої зони і атмосфери від підвищеної запиленої застосовується система теморегуляції [19].

### 5.2.4 Заходи щодо зменшення рівня шуму

Рівень шуму на робочому місці для приміщень, де працюють програмісти, згідно з ДСанПІН 3.3.2-007-98 має бути не більше 50 дБА, бо його підвищений рівень шкідливо впливає на нервову систему людини, знижуючи продуктивність праці, сприяючи виникненню травм.

Для зниження рівня шуму в приміщенні проводять установку штучних звукопоглиначів, ослаблення шуму самих джерел, повністю виконавши вимоги по звукоізоляції, викладені в технічній документації на дане устаткування [19].

Проведемо оцінку мінливого шуму від декількох джерел:

Вихідні дані:

- LA1 = 81 дБА протягом 60 хв.;
- LA2 = 70 дБА протягом 300 хв. ;
- LA3 = 74 дБА протягом 60 хв.;
- LA4 = 79 дБА протягом 60 хв.

Ладоп-75.

За таблицею [25] визначаємо LA для кожного найближчого значення рівня.

- LA1 = 9,0 дБА;
- LA2 = 2,0 дБА;

- $LA_3 = 9,0$  дБА;
- $LA_4 = 9,0$  дБА.

Визначаємо величини  $LA_i - LA_i$  для кожного рівня.

- $2.1\ 81 - 9,0 = 72$
- $2.2\ 70 - 2,0 = 68$
- $2.3\ 74 - 9,0 = 65$
- $2.4\ 79 - 9,0 = 70$

Визначаємо енергетичну суму рівнів за допомогою таблиці [16].

- $3.1.1.\ 72 - 70 = 2$
- $3.1.2.\ 72 + 2 = 74$
- $3.2.1.\ 74 - 68 = 6$
- $3.2.2.\ 74 + 1 = 75$
- $3.3.1.\ 75 - 65 = 10$
- $3.3.2.\ 75 + 0,4 = 75,4$ , тобто  $\Sigma = 75,4$  дБА.

4. Розрахуємо суму за формулою з точністю до двох знаків після коми

$$LA_{\text{сум}} = 10 \lg (100,1LA_1 + 100,1LA_2 + 100,1LA_3 + 100,1LA_4) \\ = 10 \lg (100,1 * 72 + 100,1 * 68 + 100,1 * 65 + 100,1 * 70) = 75,4$$

5. Висновок: Фактичне значення рівня шуму на підприємстві перевищує допустиме на 0,4 дБА, тому відноситься до допустимого рівня

### 5.2.5 Режим праці та відпочинку

Для збереження здоров'я користувачів ПЕОМ, виключення професійних захворювань і підтримки працездатності варто передбачати регламентовані перерви для відпочинку протягом зміни.

При виконанні протягом дня робіт з ПЕОМ, які займають не менш 50% тривалості робочої зміни, повинні передбачатися перерви [15, 19, 21]:

- для відпочинку й прийому їжі (обідня перерва);
- для відпочинку й особливих потреб (відповідно до трудових норм);
- додаткові перерви, які вводяться для окремих професій з урахуванням особливості трудової діяльності.

З урахуванням характеру трудової діяльності виділено три професійних групи (класифікатор професій ДК-003-2015):

- розроблювачі програм. Робота характеризується підвищеною напругою зору, концентрацією уваги на фоні нервово-емоційної напруги, змушеної робочої пози, загальною гіподинамією, періодичним навантаженням на кисті рук. Виконується в режимі діалогу з ПЕОМ у вільному темпі з періодичним пошуком помилок в умовах дефіциту часу;
- оператори ПЕОМ - виконують роботу з обліку інформації, отриманої з відеотермінала по запиту або надходить із нього, супроводжується перервами різної тривалості, пов'язана з виконанням іншої роботи й характеризується як робота з напругою зору, невеликими фізичними зусиллями, нервовою напругою середнього ступеня й виконується у вільному темпі;
- оператор комп'ютерного набору - виконує одноманітні дії з документацією й клавіатурою із введенням даних з високою швидкістю. Робота характеризується підвищеним навантаженням на кисті рук на фоні загальної гіподинамії з напругою зору (фіксація зору переважно на документі), нервово - емоційною напругою.

Державними санітарними правилами встановлюється такий режим праці й відпочинку при роботі з ПЕОМ при 8-годинній робочій зміні залежно від характеру праці:

- для розроблювачів програм варто призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин щогодини при роботі з ПЕОМ;
- для операторів ПЕОМ варто призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;
- для операторів комп'ютерного набору варто призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин щогодини роботи з ПЕОМ.



У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють використати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ПЕОМ не повинна перевищувати чотирьох годин.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні бути аналогічними перервам при 8-годинній робочій зміні, а протягом інших чотирьох годин роботи, не залежно від характеру трудової діяльності, щогодини тривалістю 15 хвилин.

Для зниження нервово-емоційної напруги, стомлення очей, поліпшення мозкового кровообігу, подолання наслідків гіподинамії доцільно використати перерви для виконання вправ, наведених у додатку 7 «Державних санітарних правил...» ДСанПІН 3.32.007-98.

Активний відпочинок дозволяє зняти нервову напругу, оновити, відновити функції фізіологічних систем, які порушуються в процесі праці, зняти утому очей, поліпшити мозковий кровообіг. Крім того рекомендоване психологічне розвантаження в спеціально відведених приміщеннях під час регламентованих перерв або наприкінці робочого дня.

#### 7. Пожежна профілактика

Приміщення відноситься за пожеже-вибухобезпекою до категорії В відповідно до [27-30], а по класу приміщення – до П-ІІа. Для забезпечення заходів по виявленню і локалізації пожежі, евакуації робочого персоналу, а також для зменшення матеріальних втрат приміщення оснащено системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сигналізаторами і двома переносними вуглекислотними вогнегасниками ОУ-2 з розрахунку 2 од. на кожні 20 м<sup>2</sup> площі. Підходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільні. Також є пожежний щит, ящик з піском, вивішені плани евакуації. А також у приміщенні встановлена схема евакуації під час пожежі або в разі надзвичайних ситуацій.

Найбільш ефективний засіб зменшення шкоди та збитків, які несе суспільство, держава і кожна окрема особа в результаті НС (пожежа) – запобігати їх виникненню, а в разі виникнення проводити заходи, адекватні ситуації, що склалася. Тому для своєчасної та більш ефективної евакуації людей

у будівлях та спорудах (крім житлових будинків), котрі мають два поверхи і більше, у разі одночасного перебування на поверсі більше 25 осіб мають бути розроблені і вивішені на видних місцях плани (схеми) евакуації людей [29].

Зважаючи на цю вимогу, розроблений план (схема) евакуації під час пожежі або в разі надзвичайних ситуацій (рис. 5.1).

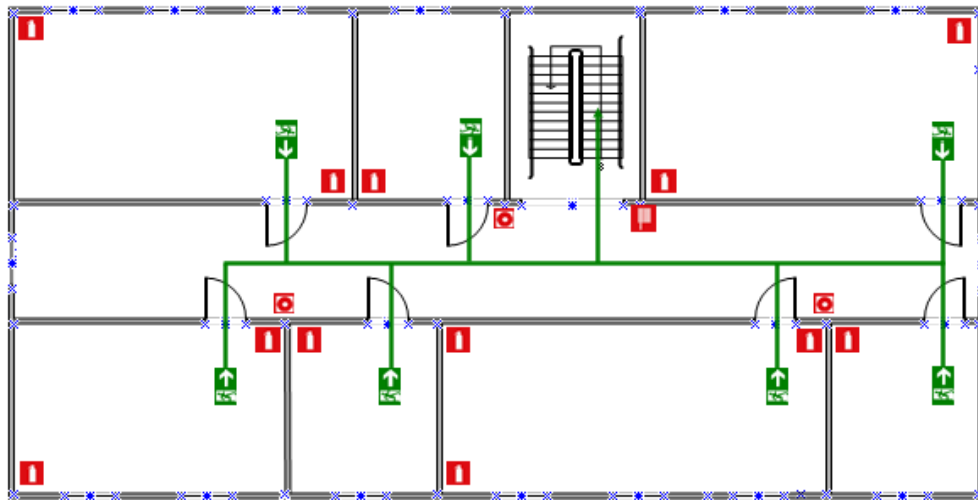


Рисунок 5.1 – Схема евакуації людей під час пожежі або в разі надзвичайних ситуацій з приміщень 3 поверху



- вогнегасник;
- пожежний кран;
- кнопка включення засобів і систем пожежної автоматики;
- дорога до основного евакуаційного виходу;
- напрям руху до евакуаційного виходу.

Відповідальність за порушення Правил пожежної безпеки, згідно з чинним законодавством, несе керівник об'єкту.

### 5.3 Висновок

У цьому розділі було досліджено вплив шкідливих і небезпечних чинників на організм людини, та розроблені інженерно технічні заходи по усуненню їх шкідливого впливу на організм людини.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розглянуті питання створення підсистема управління транспортним буксиром, метою є удосконалення існуючої системи управління.

Викладена актуальність питання, визначені склад і функції системи управління, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних рішень, зроблений вибір елементної бази, визначена структура системи управління.

В якості об'єкта управління обрано транспортний буксир, для якого виконується розробка підсистеми автоматичного управління переміщенням. Вхідними параметрами є сигнали управління поворотом та переміщенням буксира. Вихідними параметрами об'єкту управління є наявність палети на транспортному буксиру, наявність перешкоди на шляху буксира та положення буксиру, сигнали для визначення положення буксиру.

В якості підсистемі дослідження обрана система збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Кваліфікаційну роботу виконано повністю відповідно до теми і завдання, оформлено відповідно до нормативних документів і методичних рекомендацій.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rVf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Електроний ресурс: <https://tqm.com.ua/ua/likbez/interview-ua/avg-roboty-na-skladi>
6. Електроний ресурс: <https://www.youtube.com/watch?v=63nPV-hKQDo>
7. Електроний ресурс: [https://remix.in.ua/p25440853-ultrazvukovoj-datchik-rasstoyaniya.html?source=merchant\\_center&gclid=CjwKCAjwmv-DBhAMEiwA7xYrd-mNDMaUrmZaJqCefh0wUFFtDOPQXTvLitOZW4D7tniMjd8eoNBWTxoCoUAQAvD\\_BwE](https://remix.in.ua/p25440853-ultrazvukovoj-datchik-rasstoyaniya.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjwmv-DBhAMEiwA7xYrd-mNDMaUrmZaJqCefh0wUFFtDOPQXTvLitOZW4D7tniMjd8eoNBWTxoCoUAQAvD_BwE)

8. Електроний ресурс: <https://ewi-engineering.com.ua/delta-vfd110cp4ea-21-110-kvt-400-v.html>
9. Електроний ресурс: [http://akb.kiev.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=41](http://akb.kiev.ua/index.php?route=product/product&product_id=41)
10. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
11. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
12. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
13. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
14. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
15. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
16. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
17. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
19. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
20. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко,

М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.

21. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
22. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
23. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
24. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
25. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.

## ДОДАТОК А

## Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<b><u>Документація</u></b>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.17.17.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<b><u>Графічна частина</u></b>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.17.17.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.17.17.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.17.17.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.17.17.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.17.17.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	<b>KIBС.KBP.151.17.17.ТП</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Яшин		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1		
Н. контр.							
					Автоматизація процесів управління технологічним транспортним візком. Відомість проекту		

## ДОДАТОК Б

## Перелік компонентів для схеми електричної принципової

Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A1	ПЛК VIPA 214-2BS33	1	
A1-X4	Модуль дискретного вводу VIPA 221-1BF00	1	
A1-X5	Функціональний модуль лічильника VIPA 250-1BA00	1	
A1-X6	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	1	
A1-X6	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	1	
A2	Персональний комп'ютер	1	
A4	Частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21	1	
A5	Частотний перетворювач Lenze ESMD152L4TXA	1	
B1	Датчик наявності палети MICROSONAR UTP-2114	1	
B2-B5	Датчики аварійної зупинки MICROSONAR UTP-2114	4	
BL1, BL2	Датчик положення Autonics E40H8-1800-3-N-24	2	
G1, G2	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	2	

			Підп.	Дата	<b>КІВС.КВР.151.17.17.ПЕЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Яшин			25.05.21	Автоматизація процесів управління технологічним транспортним візком.			1	1
Перевірив									
Н. контроль					Перелік елементів		НТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1		
Перевірив									



**ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

## ВІДГУК

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесів управління технологічним транспортним візком», студента гр. 151-17-1 Яшин Максим  
Денисович

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою об'ємом \_\_\_ стор. формату А4 і графічною частиною \_\_\_ стор. формату А4.

Метою роботи є розробка підсистеми управління технологічним транспортним буксиром.

У кваліфікаційній роботі розглянуті питання створення підсистеми управління технологічним транспортним буксиром, метою є удосконалення існуючої системи управління автоматизованим складом.

Викладена актуальність питання, визначені склад і функції автоматизованої підсистеми управління транспортним буксиром, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних рішень, зроблений вибір елементної бази, визначена структура системи управління.

В якості об'єкта управління обрано транспортного буксира, для якого виконується розробка підсистеми управління переміщенням. Вхідними параметрами є сигнали управління напрямком та переміщенням транспортного буксиру. Вихідними параметрами об'єкту управління є наявність палети на буксиру, наявність перешкоди на шляху буксиру та напрям руху и положення буксиру.

В якості системи дослідження обрана підсистема збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Така підсистема може бути затребувана для будь-яких технологічних процесів з управління транспортних візків.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

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

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «\_\_\_\_\_».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «\_\_\_\_\_», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

**Керівник кваліфікаційної роботи,** \_\_\_\_\_ ст. викл. Надточий В.В.

\_\_\_ .06.2021

**РЕЦЕНЗІЯ**

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесів управління технологічним транспортним візком», студента гр. 151-17-1 Яшин Максим Денисович

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

Рецензент, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_.06.2021