

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

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(інститут)
Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студента Марченкова Владислава Ігоровича
(ПІБ)

академічної групи 123-20-2
(шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 123 Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)

на тему "Кіберфізична система ділянки підготовки зерна лінії з
виготворення спирту класу «Люкс»"
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Ткаченко С.М.			
спеціальної частини	доц. Ткаченко С.М.			
розділів				
розробка апаратної частини	доц. Ткаченко С.М.			
розробка корпоративної мережі	ас. Бешта Л.В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	проф.Цвіркун Л.І.			
----------------	-------------------	--	--	--

Дніпро
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
інформаційних технологій та
комп'ютерної інженерії

(повна назва)

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

"___" _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

на передатестаційну практику

студента Марченкова В.І. академічної групи 123-20-2
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

за освітньо-професійною програмою 123 Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)

на тему “Кіберфізична система ділянки підготовки зерна лінії з виготовлення спирту класу “Люкс””

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 23.05.2024 № 469-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел конкретизується предмет та мету роботи та виконується постановка завдання	10.05.2024
Розробка апаратної частини	На основі аналізу підприємства формулюються технічні вимоги до кіберфізичної системи та розробляється апаратна частина системи	17.05.2024
Розробка корпоративної мережі	Виконується розрахунок налаштувань корпоративної мережі та перевірка роботи системи, розробляються методи та налаштування обладнання для захисту інформації в системі	24.05.2024
Розробка компонента системи	Виконується детальна розробка компонента системи	31.05.2024

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Доц. Ткаченко С.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.01.2024

Дата подання до екзаменаційної комісії 14.06.2024

Прийнято до виконання _____ Марченков В.І.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 с., 36 рис., 10 табл., 1 дод., 29 джерел.

ДАТЧИКИ, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА,
МОНІТОРИНГ, ОБЛАДНАННЯ, СИГНАЛ

Об'єкт розробки: Кіберфізична система ділянки підготовки зерна лінії з виготовлення спирту класу «Люкс».

Мета роботи: розробка кіберфізичної системи ділянки підготовки зерна лінії з виготовлення спирту класу «Люкс».

Розроблена та автоматизована кіберфізична система за допомогою датчиків для вимірювання необхідних величин, контролю та керування обладнання. Крім цього, для автоматизації та моніторингу системи були використані програмовані логічні контролери та НМІ-панелі.

Кіберфізична система дозволяє виконувати наступні функції:

- Забезпечувати первину підготовку зерна шляхом очищення його від металів, зважування та подрібнення на січку;
- Автоматизувати процеси підготовки зерна;
- Покращити якість роботи ділянки;
- Проводити моніторинг системи на загальний стан робочого процесу та на наявність можливих порушень.

Окрім цього, була розроблена комп'ютерна мережа підприємства на основі завдання на кваліфікаційну роботу.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ	8
1 Стан питання і постановка завдання.....	9
1.1 Стисла характеристика сфери та умов застосування виробів на основі спирту	9
1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження	11
1.3 Аналіз призначення та методів керування обладнанням технологічної лінії	15
1.4 Принципи та технічні способи керування технологічним процесом	23
1.5 Аналіз процесу керування об'єктом автоматизації	23
1.6 Завдання і мета роботи, що виконується	24
1.7 Визначення можливих напрямків рішення поставлених завдань	25
2 Розробка апаратної частини кіберфізичної системи	27
2.1 Вимоги до системи в цілому	27
2.1.1 Вимоги до структури і функціонування системи.....	27
2.1.1.1 Перелік підсистем, їхнє призначення й основні характеристики ..	27
2.1.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку для інформаційного обміну між компонентами системи	28
2.1.1.3 Вимоги до характеристик взаємозв'язків створюваної системи із суміжними системами, вимоги до її сумісності.....	29
2.1.1.4 Вимоги до режимів функціонування кіберфізичної системи	29
2.1.1.5 Вимоги до діагностування кіберфізичної системи	29
2.1.1.6 Перспективи розвитку, модернізації кіберфізичної системи	29
2.1.2 Вимоги до показників призначення	31
2.1.3 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження	31
2.1.3.1 Умови і регламент експлуатації	31

2.1.3.2	Вимоги до параметрів мереж енергопостачання.....	31
2.1.3.3	Вимоги до кількості, кваліфікації обслуговуючого персоналу і режимам його роботи	32
2.1.4	Вимоги до патентної чистоти.....	32
2.1.5	Додаткові вимоги.....	33
2.1.5.1	Вимоги до активного обладнання.....	33
2.1.5.2	Вимоги до однорідності.....	33
2.1.5.3	Вимоги до резервування.....	33
2.2	Вимоги до видів забезпечення	33
2.2.2	Інформаційне забезпечення.....	33
2.2.2.1	Вимоги до інформаційного обміну між компонентами системи ...	33
2.2.2.3	Вимоги до структури процесу збору, обробки, передачі даних у системі та передача даних.....	33
2.2.2.4	Вимоги до контролю, збереження та відновлення даних	34
2.2.3	Лінгвістичне забезпечення	34
2.2.4	Технічне забезпечення.....	34
2.2.5	Організаційне забезпечення	34
2.2.5.1	Вимоги до структури і функцій підрозділів, що беруть участь у функціонуванні системи чи забезпечують її експлуатацію.	34
2.2.5.2	Вимоги до організації функціонування системи і порядку взаємодії персоналу системи і персоналу об'єкту впровадження	35
2.2.6	Методичне забезпечення	35
2.3	Розробка специфікації апаратних засобів.....	35
2.4	Вибір і обґрунтування структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерної системи шляхом узгодження структури з топологічними особливостями об'єкту розробки.....	43
2.5	Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку найбільшої локальної мережі підприємства	49
3	Розробка корпоративної мережі.....	51

3.1 Розрахунок схеми адресації мережі	51
3.2 Розрахунок схеми адресації пристроїв	53
3.3 Налаштування логічної моделі комп'ютерної системи корпоративної мережі.....	55
3.4 Базове налаштування та конфігурація пристроїв.....	57
3.5 Налаштування маршрутизаторів корпоративної мережі	58
3.6 Налаштування роботи Інтернет	61
3.7 Захист інформації в кіберфізичній системі від несанкціонованого доступу	64
3.8 Перевірка роботи моделі комп'ютерної системи	68
4 Розробка програмного модуля	71
4.1 Призначення та область використання модуля керування терезами на лінії	71
4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми	71
4.2.1 Постановка задачі на розробку програми.....	71
4.2.2 Опис алгоритму і функціонування програми.....	71
4.2.3 Опис і обґрунтування вхідних і вихідних сигналів.....	72
4.2.4 Розробка математичних моделей керування процесом	72
4.2.5 Опис і обґрунтування вибору і складу технічних засобів	73
4.3 Опис розробленої програми	73
4.3.1 Загальні відомості	73
4.3.2 Функціональне призначення	74
4.3.3 Опис логічної структури програми	74
4.3.4 Технічні засоби	74
4.3.5 Завантаження та робота програми	75
Висновки	76
Додаток А. Текст програми кіберфізичної системи зважування	81

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ДПЗ – Ділянка підготовки зерна;

КМ – Комп'ютерна мережа;

КФС – Кіберфізична система;

IT – information technologies;

HMI – human machine interface;

HTTPS – Hyper Text Transfer Protocol Secure;

PLS – programmable logic controller;

SSH – Secure Shell;

VPN – virtual private network.

ВСТУП

На сьогоднішній день спирт активно використовується у багатьох сферах життя. Його застосовують для виробництва харчової продукції, фармацевтики, косметики, палива тощо. Окрім готової продукції спирт також використовують у підприємствах для хімічних реакцій.

Спирт класу «Люкс» є одним з найякісніших класів. Він широко використовується для виробництва алкоголю, парфумерії та медикаментів.

Необхідність виробництва цієї продукції є вкрай великою для світової економіки, культури та виробництва іншої продукції на основі спирту. Для цього потрібно забезпечити якісне виробництво спиртової продукції на всіх її етапах: від сировини і до кінцевого продукту.

Важливою частиною виробництва спирту є правильна підготовка зерна. Сюди входить сепарація залізних домішок, які могли потрапити у сировину, зважування зерна та подрібнення на січку. Після цього подрібнене зерно поступає далі на наступні ділянки.

Актуальність роботи полягає у необхідності розробки підприємств, які можуть випускати високоякісний спирт, використовуючи автоматизовані кіберфізичні системи.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у розробці кіберфізичної системи ділянки підготовки зерна лінії з виробництва спирту класу «Люкс».

1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Стисла характеристика сфери та умов застосування виробів на основі спирту

У сучасному світі спиртова продукція має широке застосування в різних сферах таких як фармацевтична та харчова промисловості, виробництво парфумерії, косметики, мийних засобів, розчинників та палива тощо. Тому виготовлення цього продукту та підтримка високої якості є вкрай важливими.

Від виробництва деякої продукції, що містить спирт, може залежати використання або виробництво інших речей. Наприклад, паливо є неймовірно важливою речовиною для транспортування та перевезення людей та товарів за допомогою машин, літаків і кораблів, а паливо на основі спирту є хорошою альтернативою нафті та природному газу, бо має низку переваг [1]:

- Нафта та газ з часом дорожчають і є вичерпними ресурсами;
- Спирти володіють кращими експлуатаційними характеристиками;
- Продукти згоряння спиртів містять менше шкідливих речовин, що зменшує шкоду довкіллю;
- Спирти можна виробляти за допомогою харчових та целюлозно-паперових відходів.

До того ж деякі сполуки на основі спирту використовуються у виробництві різних речей. До прикладу, з метилового спирту добувають формальдегід, з якого потім роблять пластмасу, а гліцерол використовують у паперовій та парфумерній промисловості [2].

Найстаріший спосіб виготовлення спирту полягає у бродінні цукристих речовин. Продуктами для цього служать природні продукти багаті на крохмаль: зерна пшениці, кукурудзи, жита, картопля, целюлоза, цукор тощо. Існують також інші способи виготовлення спирту, а саме гідроліз целюлози та синтез [3].

Спирт займає важливе місце в світовій економіці, медицині та культурі. Через велику кількість сфер застосування (в тому числі незамінних таких як ліки або побутова хімія) цей продукт має значний вплив на економічну ситуацію різних країн: ринок сильно залежить від імпорту та експорту, а також внутрішнього продажу продукції, що містить спирт. Крім того більша частина медицини, зокрема фармацевтики, будується на використанні спирту, що сприяє поліпшенню загального стану здоров'я та тривалості життя населення тієї чи іншої країни. Але також варто зазначити, що алкогольні вироби, наприклад, відіграють важливу роль в культурі, згадки яких можна побачити і в літературі, і в кінематографі, і в інших видах мистецтва.

Окрім цього, спирти поділяються на різні класи в залежності від якості продукту, наприклад: “Екстра”, “Люкс”, “Альфа” тощо. Серед усіх спиртів спирт класу “Люкс” вважається одним з найкращих і найпопулярнішим, хоч він не зрівняється по якості зі спиртами марок “Альфа” та “Пшенична сльоза”, але підходить за усіма параметрами для виготовлення хорошого алкоголю, який належить до середнього сегменту цін. Вміст етанолу в такому продукті становить 96,3%. Такий спирт виходить у результаті довгого багатоступеневого очищення зерна з додаванням картоплі (процентне співвідношення крохмалю не перевищує 35%) [4].

Важливість цього продукту на світовому ринку вказує на те, наскільки важливо правильне виробництво з дотриманням певних норм обробки та зберігання вихідної продукції, що є доволі комплексним та складним процесом, яке містить багато етапів таких як [5]:

- Приймання та зберігання зерна;
- Очистка та помел;
- Розварювання зерна водою;
- Охолодження і оцукровування;

- Зброджування;
- Відгін спирту;
- Ректифікація.

Як зерно використовують пшеницю, жито, ячмінь, овес, кукурудзу тощо.

Ділянку підготовки зерна можна розташувати двома способами: горизонтально та вертикально. Перевагою горизонтальної компоновки є легше обслуговування компонентів системи, проте вертикально розташована ділянка займає значно менше місця на підприємстві та потребує менше елементів.

Для того, щоб підвищити ефективність ділянки підготовки зерна, а також зменшити вартість обслуговування, можна запровадити автоматизовану систему керування для елементів системи.

1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження

Підприємство “Національна горілчана компанія” займається виробництвом алкогольних напоїв з 2005 року і випускає продукцію під різними відомими в Україні марками, такими як “Хлібний дар”, “Козацька рада”, “Перша Гільдія” тощо. У штаті компанії працює приблизно 600 осіб, а загальна площа підприємства становить майже 17 га [6].

Підприємство “Національна горілчана компанія” знаходиться за адресою: Черкаська область, с. Степанки, Смілянське шосе 8 км, буд.2. Вид на підприємство з вебсервісу Google Maps представлений на рисунку 1.1.

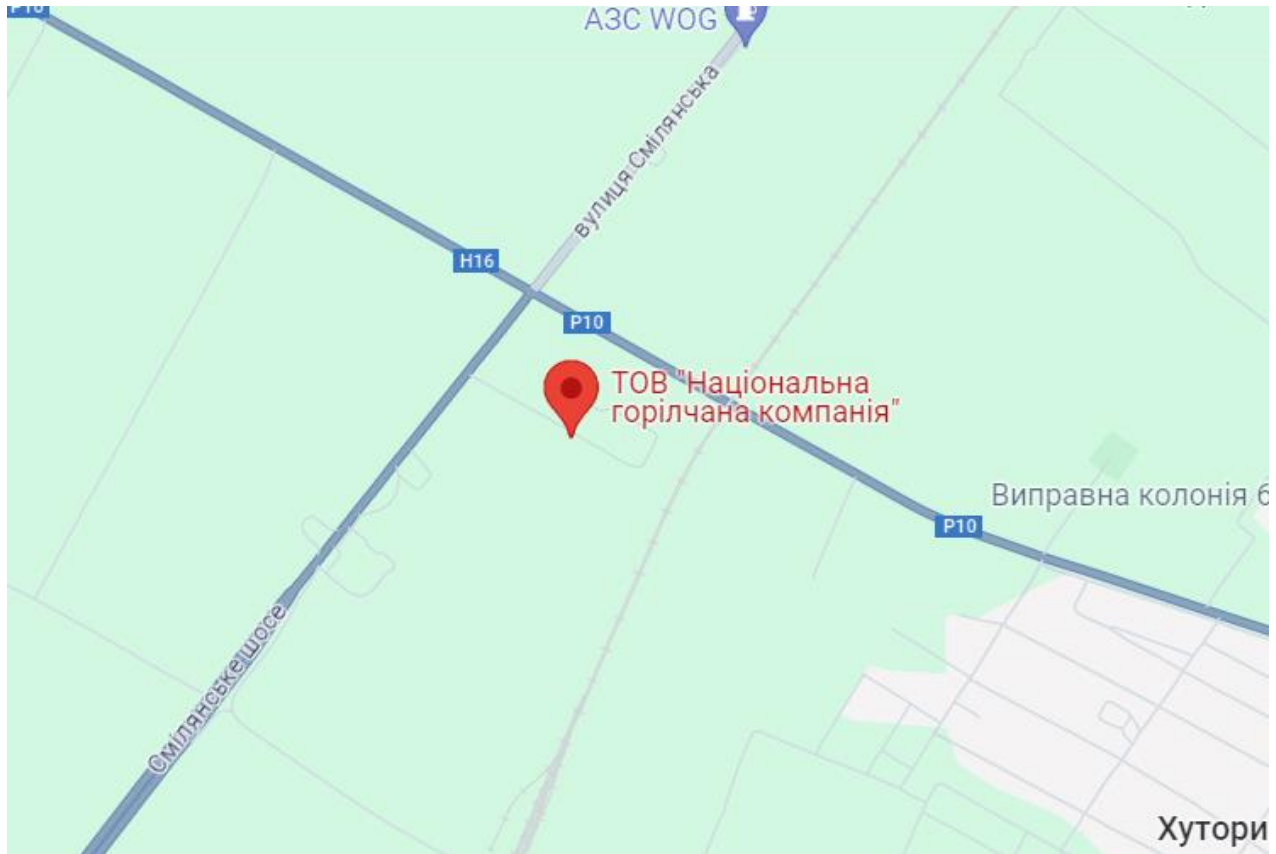


Рисунок 1.1 – Розташування “Національної горілчаної компанії” на мапі

Схема організаційної структури підприємства представлена на рисунку 1.2.

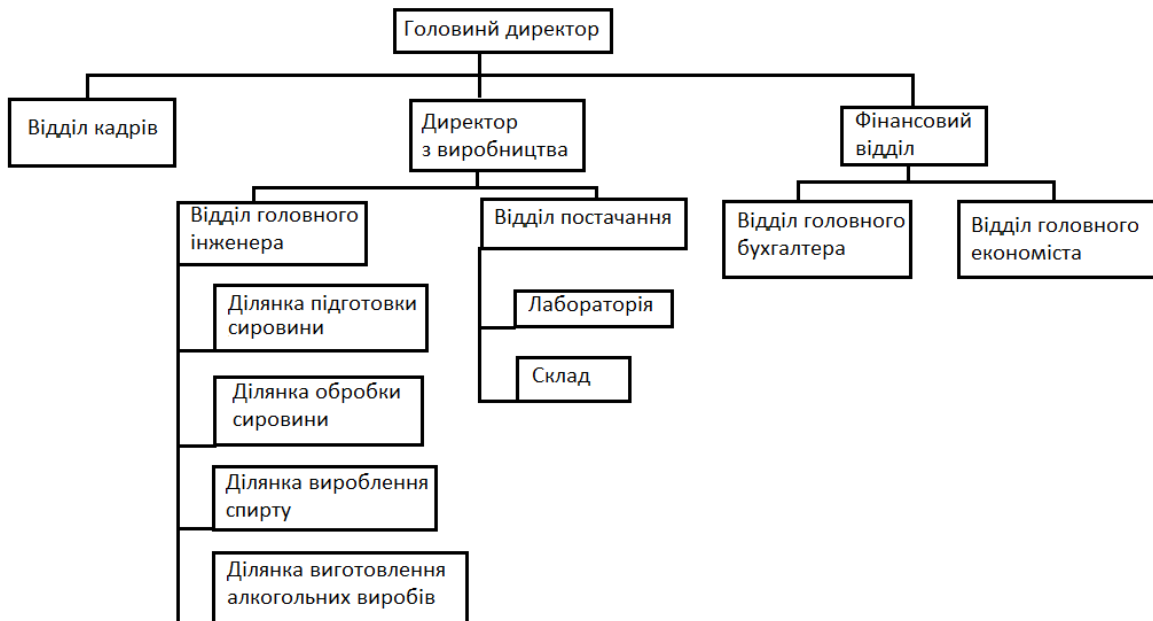


Рисунок 1.2 – Схема організаційної структури підприємства

Ділянка підготовки зерна для подальшої його переробки на спирт виглядає так, як показано на рисунку 1.3. Схема складається з таких елементів:

- Бункер, що приймає пшеницю зі сховища;
- Магнітний сепаратор;
- Бункерні ваги;
- Дробарка;
- Норія.

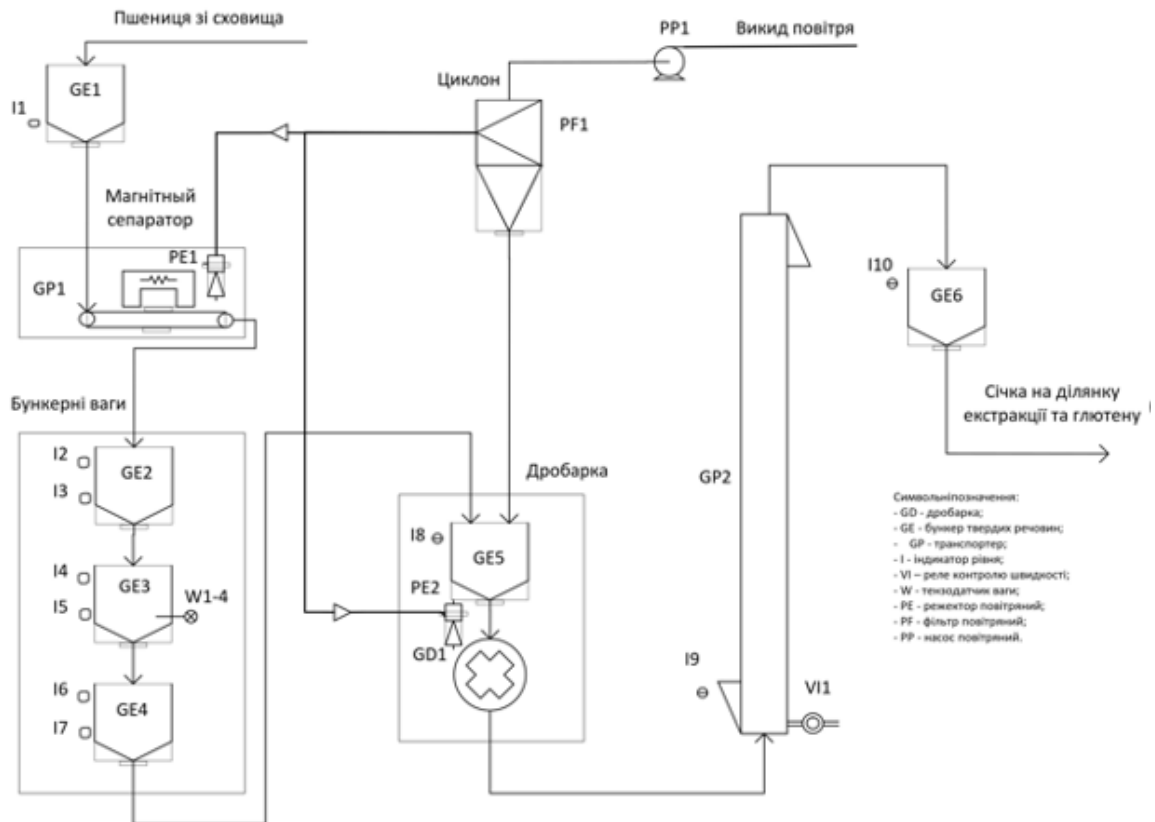


Рисунок 1.3 – Лінія підготовки зерна

Символьні позначення на схемі:

GD – дробарка;

GE – бункер твердих речовин;

GP – транспортер;

I – індикатор рівня;

VI – реле контролю швидкості;

W – тензодатчик ваги;

PE – повітряний режектор;

PF – повітряний фільтр;

PP – повітряний насос.

1.3 Аналіз призначення та методів керування обладнанням технологічної лінії

Спочатку пшеницю зі сховища пересипають у бункер твердих речовин GE1 (рисунок 1.4). Унизу цього бункера знаходиться індикатор І1 (рисунок 1.5), який показує, чи наявне зерно у бункері. Якщо зерна немає, то засувка (рисунок 1.6) на дні бункера не відкриється.



Рисунок 1.4 – Бункер твердих речовин (секційний бункер) [7]



Рисунок 1.5 – Ротаційний датчик РСУ 100 [8]



Рисунок 1.6 – Засувка ЕЛЗ [9]

Після цього зерно висипається на транспортер GP1 (рисунок 1.7), де від нього за допомогою магнітного сепаратора PE1 (рисунок 1.8) відділяються залізні елементи, які можуть потрапити у сировину в ході її збору.



Рисунок 1.7 – Стрічковий транспортер AgroHelix B [10]



Рисунок 1.8 – Магнітний сепаратор ЕП-160 [11]

Далі зерно пересипається у бункерні ваги GE2. У цьому бункері є два індикатори рівня I2 та I3. Перший показує верхній рівень і необхідний, щоб зерно не пересипалося через бункер, другий так само як і I1 необхідний для визначення наявності зерна. Після GE2 продукція через засувку пересипається вниз до наступного бункера GE3, який відрізняється від попереднього тим, що містить ваги W1-4 і відповідно вимірюють вагу продукції. Ваги кріпляться до 4 ніжок бункеру знизу. За аналогією з бункером GE2 GE3 має два ідентифікатора рівня I4 та I5 для контролю порції. Після цього зерно пересипається в бункер GE5, в якому є лише один ідентифікатор рівня I8, що кріпиться зверху і служить для контролю рівня продукції, щоб вона не пересипалася через верх. В цьому бункері відсутня засувка – зерно висипається одразу на дробарку GD1 (рисунок 1.9), на якій вже зерно перемелюється на січку.



Рисунок 1.9 – Дробарка молоткова ДМР [12]

Далі зерно транспортується на норію GP2 (рисунок 1.10), яка піднімає січку в останній бункер GE6. Норія має датчик швидкості VI1, щоб контролювати швидкість норії, та ідентифікатор рівня I9, щоб контролювати завал приймального бункеру норії. В бункері GE6 так само є ідентифікатор рівня II0 для контролю кількості зерна.



Рисунок 1.10 – Норія НКЗ-100 [13]

Також, у схемі присутня система аспірації для усунення запилень на етапах магнітної сепарації та дробування. Ця система складається з повітряного фільтру PF1 (рис.1.11), повітряного насосу PP1 та збірників (над конвеєром) (рисунок 1.12).



Рисунок 1.11 – Циклон УОВ [14]



Рисунок 1.12 – Збірник пилу [15]

Через те, що ділянка має вертикальну компоновку, у схемі використовуються секційні бункери, що відрізняються за розмірами.

Ротаційні датчики, які виконують роль ідентифікаторів рівня, призначені для контролювання рівня сипких матеріалів у промисловості й сільському господарстві. Датчики працюють за таким принципом, що коли продукт досягає рівня лопатей, якими сигналізатор оснащений, то він блокує їхнє обертання. На валу двигуна створюється реактивний момент, через що спрацьовує реле вихідного кола сигналізатора (рисунок 1.13). У даній схемі вони ставляться на стінки бункерів, щоб контролювати рівень зерна всередині.

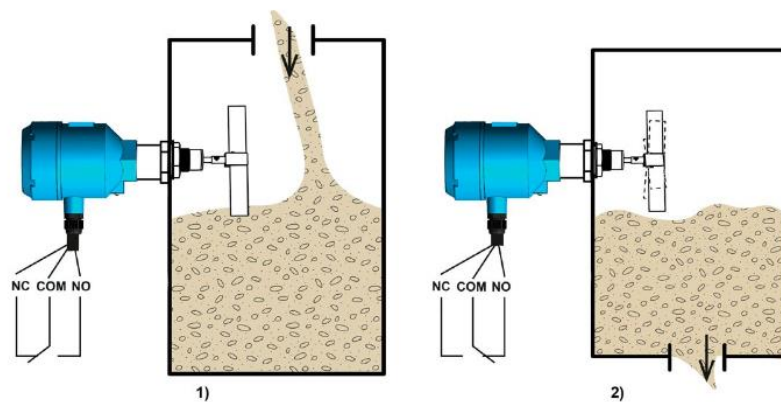


Рисунок 1.13 – Принцип дії ротаційного датчика [16]

У системі також присутній індуктивний датчик положення, що призначений для безконтактного контролю за положенням предметів, виготовлених з електро- та/або магнітопровідних матеріалів. Без фізичного контакту та незалежно від форми, індуктивні безконтактні датчики виявляють усі предмети з кольорових та чорних металів, що знаходяться в межах активної зони, та видають відповідний сигнал керування (рисунок 1.14).



Рисунок 1.14 – Індуктивний датчик положення PSD1810-N [17]

Окрім цього, використовуються датчик струму дробарки та норії для контролю струму двигуна. Цей датчик призначений для визначення сили змінного чи постійного струму в електричних ланцюгах (рисунок 1.15).



Рисунок 1.15 – Датчик струму [18]

Індуктивний датчик швидкості використовується для зчитування швидкості і пройденої відстані. У даній схемі прикріплюється на ланцюговий конвеєр для вимірювання швидкості стрічки (рисунок 1.16).



Рисунок 1.16 – Індуктивний датчик швидкості [19]

Датчик для контролю сходження стрічки призначений для контролю аварійного сходження у бік конвеєрної стрічки та видачі сигналу (шляхом замикання або розмикання свого контакту) у систему дистанційного або автоматизованого керування (рисунок 1.17).



Рисунок 1.17 – Датчик сходження стрічки КСС-2 [20]

1.4 Принципи та технічні способи керування технологічним процесом

Керування обладнанням ділянки підготовки зерна здійснюється вручну з пульта керування за участі персоналу. Усі елементи, окрім засувки, запускаються відразу.

Спочатку за допомогою пульта пересипається зерно у приймальний бункер. При досягненні мінімального рівня в бункері відкривають засувку і зерно пересипається на стрічковий конвеєр, який вже до того часу знаходиться у включеному стані.

Далі зерно пересипається в наступні бункери, де по чергово при досягненні певних рівнів відкриваються засувки. Після чого зерно поступає до дробарки і до норії. Схема працює за принципом, що якщо попередній елемент не працює 10 с, то пристрій припиняє свою роботу. Обов'язковою умовою роботи бункерів, дробарки та магнітного сепаратора є робота конвеєрів.

1.5 Аналіз процесу керування об'єктом автоматизації

Керування елементами ділянки здійснюється за рахунок зміни станів на різних пристроях.

Секційні бункери мають наступні стани:

- Пустий;
- Заповнений;
- Переповнений: цей стан працює так само як і «Заповнений», але при переповненні бункера спрацьовує сигнал, який повідомляє про надлишок зерна.

Приймальний бункер не має верхнього ідентифікатора рівня, тобто у нього є лише стани «Пустий» та «Заповнений».

Магнітний сепаратор:

- Увімкнений: виконується за умови, що був поданий відповідний сигнал;
- Вимкнений: виконується за умови, якщо сигнал на увімкнення не був поданий.

Стрічковий конвеєр:

- Увімкнений: виконується за умови, що був поданий відповідний сигнал;
- Вимкнений: виконується за умови, якщо сигнал на увімкнення не був поданий.

Дробарка:

- Увімкнений: виконується за умови, що був поданий відповідний сигнал та працюють конвеєр і норія;
- Вимкнений: виконується за умови, якщо сигнал на увімкнення не був поданий або не працюють конвеєр чи норія.

Норія:

- Увімкнений: виконується за умови, що був поданий відповідний сигнал;
- Вимкнений: виконується за умови, якщо сигнал на увімкнення не був поданий.

Загалом керування ділянкою підготовки зерна здійснюється за допомогою керування окремих її елементів та синхронізацією їхньої роботи.

1.6 Завдання і мета роботи, що виконується

Мета роботи полягає у розробці кіберфізичної системи ділянки підготовки зерна лінії з виготовлення спирту класу «Люкс».

Завдання:

1. Проаналізувати методи керування технологічним процесом та обладнанням лінії;
2. Дослідити можливі шляхи КФС лінії підготовки зерна та розробити структурну схему обладнання;
3. Розробити корпоративну мережу;
4. Розробити програмний модуль керування терезами на лінії.

1.7 Визначення можливих напрямків рішення поставлених завдань

Для автоматизації системи керування можна ввести PLC та HMI.

PLC – універсальний мікропроцесорний пристрій, який використовується для автоматизації технологічних процесів таких як, керування конвеєрною лінією, дробаркою, норією тощо. Програмований логічний контролер має велику кількість пристроїв «вводу-виводу» для виконавчих пристроїв. Інформацію «вводу» він отримує з датчиків і виводить сигнали на виконавчі механізми. Серед переваг цього контролеру можна виділити його надійність при роботі в несприятливих умовах та простоту користування [21].

HMI – це інтерфейс, який дозволяє зручно взаємодіяти користувачу та пристроями. Іншими словами у даній системі це панелі оператора зі спеціалізованим програмним забезпеченням для моніторингу та керування процесами [22].

1.8 Обґрунтування вибраного напрямку інженерного рішення

Обґрунтуванням вибраного напрямку є застосування систем PLC та HMI та пов'язання їх з пристроями та обладнанням. Обмін вхідними та вихідними даними виглядає так, як представлено на схемі функціональної структури на рисунку 1.18.

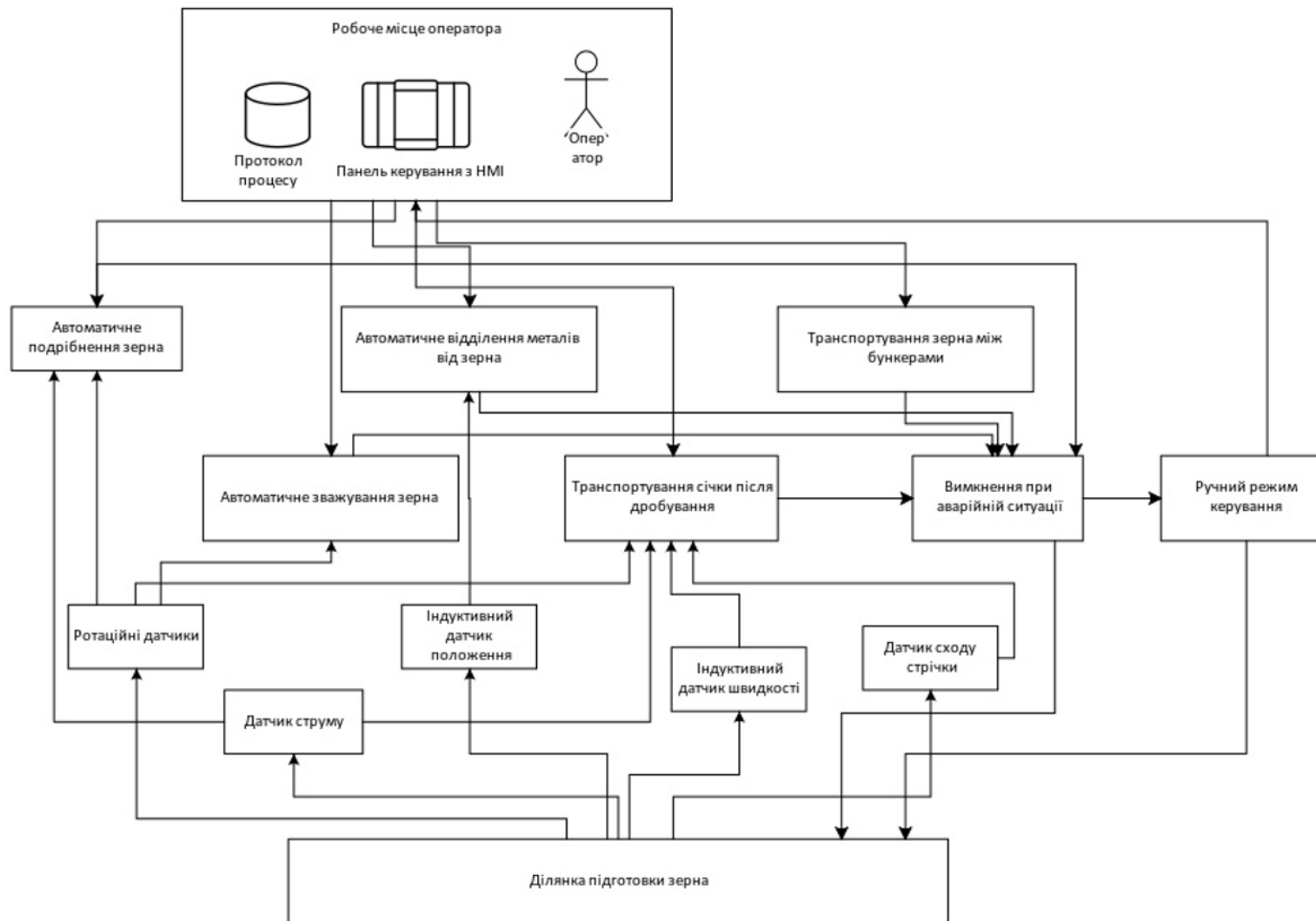


Рисунок 1.18 – Схема функціональної структури

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Вимоги до системи в цілому

Кіберфізична система ділянки підготовки зерна, далі КФС ДПЗ, призначено для переробки зерна на січку для подальшого завантаження на обладнання розварювання технологічної лінії виробництва спирту.

2.1.1 Вимоги до структури і функціонування системи

2.1.1.1 Перелік підсистем, їхнє призначення й основні характеристики

1. Блок панелі керування – дає змогу операторові взаємодіяти з системою підготовки зерна за допомогою НМІ;
2. Блок автоматичного подрібнення зерна – необхідний для забезпечення автоматичного керування дробаркою для подрібнення зерна до січки;
3. Блок автоматичного відділення металів від зерна – необхідний для автоматичного керування магнітним сепаратором;
4. Блок транспортування зерна між бункерами – забезпечує автоматичне керування конвеєрною стрічкою для переміщення зерна від приймального бункера до зважувальної системи бункерів. Над стрічкою також розміщується навісний магнітний сепаратор;
5. Блок автоматичного зважування зерна – складається з системи трьох бункерів поставлених один на одного, де перший та третій бункери необхідні для контролю кількості зерна, а другий для визначення його ваги. Забезпечує автоматичне керування цією системою;
6. Блок транспортування січки після дробування – необхідний для забезпечення автоматичного керування норією для вертикального переміщення січки у вихідний бункер;

7. Блок вимкнення при аварійній ситуації – забезпечує вимкнення системи або перевід її у ручний режим при виникненні аварійної ситуації чи несправності обладнання в системі;

8. Блок ручного режиму керування – необхідний у випадках, коли в системі виникла якась аварія або помилка. Виконується напряму оператором;

9. Блок індуктивного датчика положення – забезпечує збір даних про наявність електромагнітних елементів у зерні під час проходження його по конвеєрній стрічці;

10. Блок датчиків струму – використовується для визначення змінного чи постійного струму. Використовується у молотковій дробарці та в норії для контролю струму двигуна;

11. Блок ротаційних датчиків – необхідний для збору даних про рівень зерна в бункері або в норії. На основі цих даних визначається стан бункера. У деяких бункерах встановлюються по два датчики ідентифікаторів рівня;

12. Блок датчику сходу стрічки – визначає стан стрічки на норії, у разі сходження стрічки видає аварійний сигнал до панелі керування та блокує рух стрічки;

13. Блок індуктивного датчику швидкості – визначає швидкість норії. При змінні швидкості подає сигнал до панелі керування.

2.1.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку для інформаційного обміну між компонентами системи

1. Необхідно забезпечити надійну передачу інформації на невеликій відстані до 100 метрів.

2. Застосовані інтерфейси зумовлюються технічними характеристиками застосованого обладнання.

2.1.1.3 Вимоги до характеристик взаємозв'язків створюваної системи із суміжними системами, вимоги до її сумісності

Для зв'язку з суміжними системами використовується протокол Ethernet або сумісний з ним.

2.1.1.4 Вимоги до режимів функціонування кіберфізичної системи

1. Диспетчерський режим – керування ДПЗ або окремими її елементами здійснюється оператором віддалено через панель НМІ у ручному режимі.

2. Основний режим – керування ДПЗ за допомогою автоматизованої кіберфізичної системи за участі оператора для нагляду та моніторингом процесу роботи та станом системи.

3. Налагоджувальний режим – здійснюється за наявності поломки обладнання або аварійної ситуації на ділянці, або для зміни/покращення кіберфізичної системи.

2.1.1.5 Вимоги до діагностування кіберфізичної системи

Діагностування кіберфізичної системи на справність обладнання проводиться постійно під час роботи обладнання системи.

2.1.1.6 Перспективи розвитку, модернізації кіберфізичної системи

Одним з методів розвитку кіберфізичної системи ДПЗ є інтегрування її у комп'ютерну мережу (далі КМ).

Для КМ існують певні вимоги:

1. Безперебійність роботи;
2. Шифрування даних: шифрування каналів зв'язку є необхідним для конфіденційності. Воно забезпечує безпеку і цілісність передачі даних.

- Одним зі способів шифрування даних є використання протоколів (наприклад, протоколу SSH);
3. Аутентифікація і авторизація: запровадження авторизації підвищує безпеку та зменшує ризик втрати або розсекречення даних;
 4. Використання антивірусів: використання антивірусних програм та систем виявлення вторгнень дають змогу захистити систему від атак та шкідливих програм;
 5. Резервне копіювання та відновлення: необхідне для запобігання втрати даних при аварійних ситуаціях та відновлення мережі;

Топологічна схема мережі підприємства представлена на рисунку 2.1

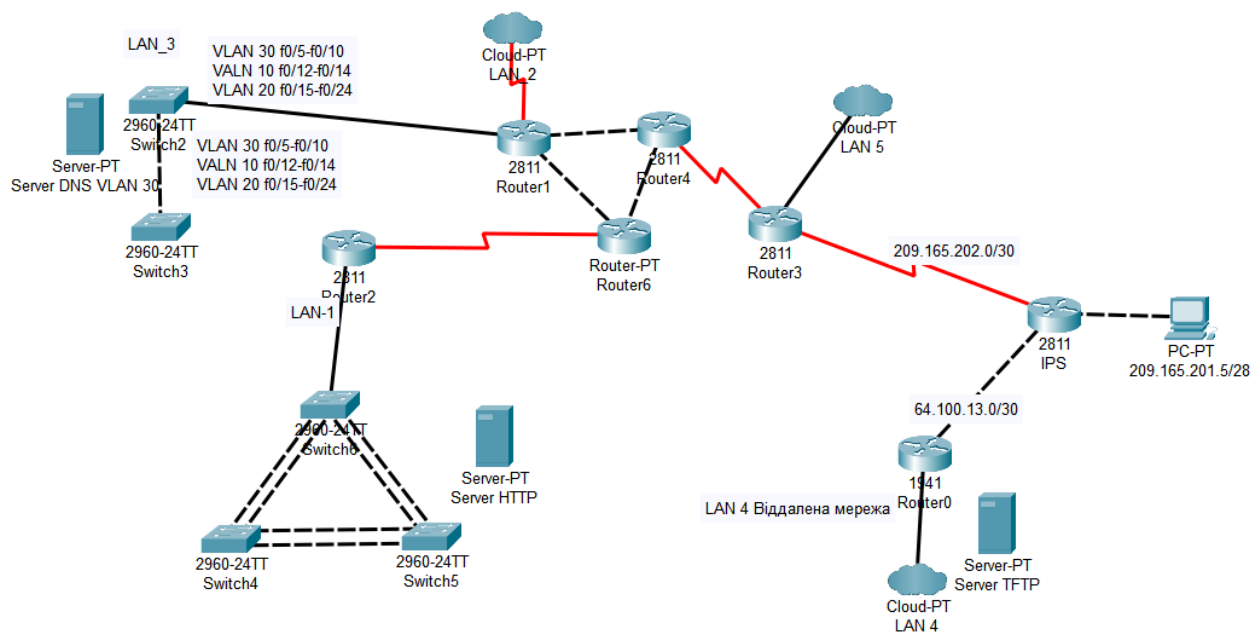


Рисунок 2.1 – топологічна схема мережі підприємства

2.1.2 Вимоги до показників призначення

1. На обладнанні, що транспортує січку, повинно бути дотримано сталої швидкості руху стрічки 2,5 м/с. Погрішність швидкості складає 0,2 м/с. Перевищення або зниження швидкості можуть вказувати на поломку норії.

2. Автоматичне аварійна зупинка системи при неполадках, пов'язаних з роботою обладнання, переповнення бункерів, сходження стрічки норії, раптовою змінною швидкості стрічки норії.

3. Автоматична аварійна зупинка системи, якщо попередній елемент системи не працює більше 10 секунд.

2.1.3 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереження

2.1.3.1 Умови і регламент експлуатації

Робота ДПЗ та її контроль і моніторинг системи відбуваються цілодобово, зупиняючись лише для періодичного технічного обслуговування, зокрема ремонту обладнання, якщо в цьому є потреба. Час технічного обслуговування обмежений: якщо це просто поверховий огляд або прибирання, то це повинно займати не більше двох годин, якщо це ремонтні роботи – не більше 4 годин. Ремонтні роботи здійснюються шляхом заміни зламаних елементів на запасні.

2.1.3.2 Вимоги до параметрів мереж енергопостачання

До параметрів мереж енергопостачання належать:

- стандартна в Україні частота живлення 50 Гц;
- мережа з напругою 230 В;
- заземлення Т-N-S.

2.1.3.3 Вимоги до кількості, кваліфікації обслуговуючого персоналу і режимам його роботи

Персонал ДПЗ складається з 5 осіб: 4 оператори та 1 інженерів КВП та А у випадку необхідності ремонтних робіт. Увесь персонал має спеціальність харчові технології [23].

Для отримання посади оператора необхідно мати:

- Професійно-технічну освіту;
- Можливість підвищення кваліфікації.

Для отримання посади інженера-електрика необхідно мати:

- Професійно-технічну освіту;
- Можливість підвищення кваліфікації;
- Досвід роботи не менше 2 років.

Графік роботи операторів: 2 робочих дні – 2 дні вихідні. Робочий графік поділяється на нічну та денну зміни, кожна з яких триває 12 годин:

1. Денна зміна триває з 06:00 до 18:00
2. Нічна зміна триває з 18:00 до 06:00

Графік роботи інженера-електрика: 5 робочих днів по 8 годин на день.

Поточна зміна залежить від дня: якщо, наприклад, в перший робочий день у працівника нічна зміна, то в другий робочий день він буде працювати у денну зміну.

2.1.4 Вимоги до патентної чистоти

Патентна чистота ДПЗ повинна забезпечуватися на території України.

2.1.5 Додаткові вимоги

2.1.5.1 Вимоги до активного обладнання

Функціонування активного обладнання повинно технічно підходити для роботи з PLC та підтримувати протоколи сумісні з Ethernet.

2.1.5.2 Вимоги до однорідності

Для підключення комунікаційного обладнання будуть використовуватися кабелі UTP категорії 6e.

2.1.5.3 Вимоги до резервування

Усі елементи кіберфізичної системи повинні бути зарезервовані в кількості не менше 5% від загальної кількості.

2.2 Вимоги до видів забезпечення

2.2.2 Інформаційне забезпечення

2.2.2.1 Вимоги до інформаційного обміну між компонентами системи

Передача даних між датчиками, елементами системи та PLC повинна відбуватися постійно та безперебійно з інтервалом в 5 секунд.

2.2.2.3 Вимоги до структури процесу збору, обробки, передачі даних у системі та передача даних

Усі компоненти ДПЗ повинні бути під'єднані до однієї локальної мережі, використовуючи протокол сумісний з Ethernet. Інформація про стан системи обов'язково передається на PLC.

2.2.2.4 Вимоги до контролю, збереження та відновлення даних

Інформація про стан і процеси системи та результати роботи датчиків має зберігатися протягом 7 днів на PLC.

2.2.3 Лінгвістичне забезпечення

Документація з описом та умовами експлуатації обладнання та пристроїв, а також інтерфейс НМІ панелі повинні бути написані українською та англійською мовами. Для реалізації модуля Zvazhuvana використовувати мову програмування LAD.

2.2.4 Технічне забезпечення

Повинно бути реалізовано, використовуючи технічні засоби фірми Siemens, зокрема, на основі базових контролерів SIMATIC S7-1200, а також інше технічне обладнання цієї фірми. Крім того, необхідно використання НМІ панелі класу Basic діагоналлю не менше, ніж 12 дюймів.

2.2.5 Організаційне забезпечення

2.2.5.1 Вимоги до структури і функцій підрозділів, що беруть участь у функціонуванні системи чи забезпечують її експлуатацію.

У функціонуванні системи беруть участь два підрозділи:

1. Підрозділ оператора, що стежить за технічними процесами та обладнанням на ДПЗ, а також коректною роботою усієї ділянки;
2. Підрозділ технічного обслуговування, який забезпечує ремонтні та оптимізаційні роботи ділянки у разі необхідності.

2.2.5.2 Вимоги до організації функціонування системи і порядку взаємодії персоналу системи і персоналу об'єкту впровадження

Підрозділ оператора взаємодіє з підрозділом технічного обслуговування у разі виходу з ладу елементів системи або якщо датчики подають сигнал про некоректну роботу обладнання.

2.2.6 Методичне забезпечення

Персонал повинен мати документацію про опис, роботу та обслуговування обладнання та пристроїв, а також підрозділу технічного обслуговування необхідно мати інструкції з експлуатацію обладнання.

2.3 Розробка специфікації апаратних засобів

Розробка специфікацій апаратних засобів вимагає аналізу входів та виходів на датчиках та іншому обладнанні кіберфізичної системи ДПЗ. Для цього необхідно розписати технічні характеристики датчиків та інших механізмів, що використовуються у системі.

Перелік та характеристика елементів кіберфізичної системи наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік вхідних та вихідних сигналів кіберфізичної системи ДПЗ

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Стрічковий конвеєр (GP1)								
1.	Увімкнути	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1	0,2
2.	Робота	Вхід	Контр.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	24В	1	0,2
3.	Вимкнуто	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1	0,2

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Магнітний сепаратор								
4.	Увімкнути	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1	0,2
5.	Робота	Вхід	Контр.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	24В	1	0,2
6.	Вимкнути	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1	0,2

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Повітряний насос								
7.	Увімкнути	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1	0,2
8.	Робота	Вхід	Контр.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	24В	1	0,2
9.	Вимкнути	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1	0,2

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Електро засувки								
10.	Відкрита	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Магнітний пускач ПМ 3-40	24В	1	0,2
11.	Закрита	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Магнітний пускач ПМ 3-40	24В	1	0,2
Дробарка								
12.	Увімкнути	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3-40	230В	1	0,2
13.	Робота	Вхід	Контр.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3-40	24В	1	0,2
14.	Вимкнути	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3-40	230В	1	0,2

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Бункер (GE1, GE2, GE4, GE5, GE6)								
15.	Верхній рівень	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Ротаційний сигналізатор РСУ100	24В	1 біт	0,2
16.	Нижній рівень	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Ротаційний сигналізатор РСУ100	24В	1 біт	0,2
Бункер (GE3)								
17.	Верхній рівень	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Ротаційний сигналізатор РСУ100	24В	1 біт	0,2
18.	Нижній рівень	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Ротаційний сигналізатор РСУ100	24В	1 біт	0,2
19.	Вага зерна (4 датчики)	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчики	Датчик SC-V	16 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив., сек.
						Зовнішня	Внутрішня	
Норія								
20.	Увімкнуті	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1 біт	0,2
21.	Верхній рівень	Вхід	Контр.	Норм. замкн.	Ротаційний сигналізатор PCY100	24В	1 біт	0,2
22.	Блокування стрічки при сходжені	Вихід	Контр.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	24В	1 біт	0,2
23.	Швидкість стрічки	Вхід	Вимір.	Норм. замкн.	Індуктивний датчик швидкості	24В	8 біт	0,2
24.	Вимкнуті	Вихід	Кер.	Норм. розімкн.	Магнітний пускач ПМ 3- 40	230В	1 біт	0,2

Угрупування вхідних та вихідних сигналів необхідно для подальшого вибору обладнання. Воно представлено у відповідній таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічна специфікація (коротка)

№ п/п	Пристрій	Опис входу або виходу	Кількість входів або виходів
		Дискретні входи: Магнітний пускач ПМ 3-40, ротаційний сигналізатор PCY100	
1.	Стрічковий конвеєр (GP1)	--	1
2.	Магнітний сепаратор	--	1
3.	Повітряний насос	--	1
4.	Електро засувки	--	5
5.	Дробарка	--	1
6.	Бункери (GE1 – GE6)	--	9
7.	Норія	--	1
	РАЗОМ		19
		Дискретні виходи: Магнітний пускач ПМ 3-40	
8.	Стрічковий конвеєр (GP1)	--	2
9.	Магнітний сепаратор	--	2
10.	Повітряний насос	--	2
11.	Дробарка	--	2
12.	Норія	--	3
	РАЗОМ		11
		Аналогові входи: Датчик, індуктивний датчик стрічки	
13.	Норія	--	1
14.	Бункер GE3	--	1
	РАЗОМ		2

2.4 Вибір і обґрунтування структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерної системи шляхом узгодження структури з топологічними особливостями об'єкту розробки

Спершу необхідно підібрати для системи контролер. У даному випадку це центральний контролер Siemens SIMATIC S7-1200, який має 14 дискретних вбудованих входів (DI), 10 дискретних вбудованих виходів (DO) та 2 аналогових входи (AI). PLC S7-1200 може вирішувати логічні завдання, завдання автоматичного регулювання та управління переміщенням, виконувати математичну обробку інформації. Він має широкі функціональні можливості, відрізняється відносно невисокою вартістю і може використовуватися у всіх секторах промислового виробництва [24].

Споживання струму для контролера обраховується таким чином:

150мА – базове споживання

Для DI: $14 \cdot 3\text{мА} = 42\text{мА}$;

Для DO: $10 \cdot 20\text{мА} = 200\text{мА}$;

Для AI: $2 \cdot 0,5\text{мА} = 1\text{мА}$

Сумарне споживання струму: $150\text{мА} + 42\text{мА} + 200\text{мА} + 1\text{мА} = 393\text{мА}$.



Рисунок 2.2 – Контролер Siemens SIMATIC S7-1200

Модуль дискретного входу-виходу SM 1223 має 16 DI та 16 DO.

Споживання струму для нього:

50мА – базове споживання;

Для DI: $16 \cdot 3\text{мА} = 48\text{мА}$;

Для DO: $16 \cdot 20\text{мА} = 320\text{мА}$;

Сумарне споживання струму: $50\text{мА} + 48\text{мА} + 320\text{мА} = 418\text{мА}$.



Рисунок 2.3 – Модуль дискретного входу-виходу SM 1223 [25]

Модуль ваговий Siwarex WP231 має 4 AI. Споживання струму для нього:

50мА – базове споживання;

Для AI: $4 \cdot 0,5\text{мА} = 2\text{мА}$;

Сумарне споживання струму: $50\text{мА} + 2\text{мА} = 52\text{мА}$.



Рисунок 2.4 – Модуль ваговий Siwarex WP231 [26]

Для взаємодії оператора з системою необхідно використання НМІ-панелі. У цій роботі представлена версія SIMATIC HMI Basic Panel, KTP1200. Вона підтримує інтерфейс PROFINET, інтегрується в середовище розробки програмного забезпечення TIA Portal, та має діагональ екрану 12 дюймів [27].



Рисунок 2.5 – НМІ панель

Також у схемі присутній маршрутизатор SCALANCE XC206-2SFP, який забезпечує зв'язок ділянки з мережею підприємства. Маршрутизатор має 6 портів та можливість підключення до інтерфейсу PROFINET [28].



Рисунок 2.6 - Маршрутизатор SCALANCE XC206-2SFP

Далі необхідно визначити потужність блоку живлення, щоб визначити потрібну модель. Для цього необхідно додати сумарне споживання струму з усіх модулів до споживання струму усіх входів та виходів.

Сумарне споживання струму усіх модулів: $52\text{mA} + 393\text{mA} + 418\text{mA} = 865\text{mA}$.

Споживання струму усіх входів та виходів:

Для DI: $19 \cdot 3\text{mA} = 57\text{mA}$;

Для DO: $11 \cdot 20\text{mA} = 220\text{mA}$;

Для AI: $2 \cdot 0,5\text{mA} = 1\text{mA}$.

Тоді загальне споживання: $865\text{mA} + 220\text{mA} + 57\text{mA} + 1\text{mA} = 1143\text{mA}$.

Для такої системи можна використати блок живлення Siemens LOGO!, який має вихідний струм не більше 2,5А, вихідною напругою 24В і вихідною потужністю 60Вт [29].



Рисунок 2.7 – Блок живлення Siemens LOGO!

Схема структурного комплексу технічних засобів кіберфізичної системи ДПЗ подається на рисунку 2.8.

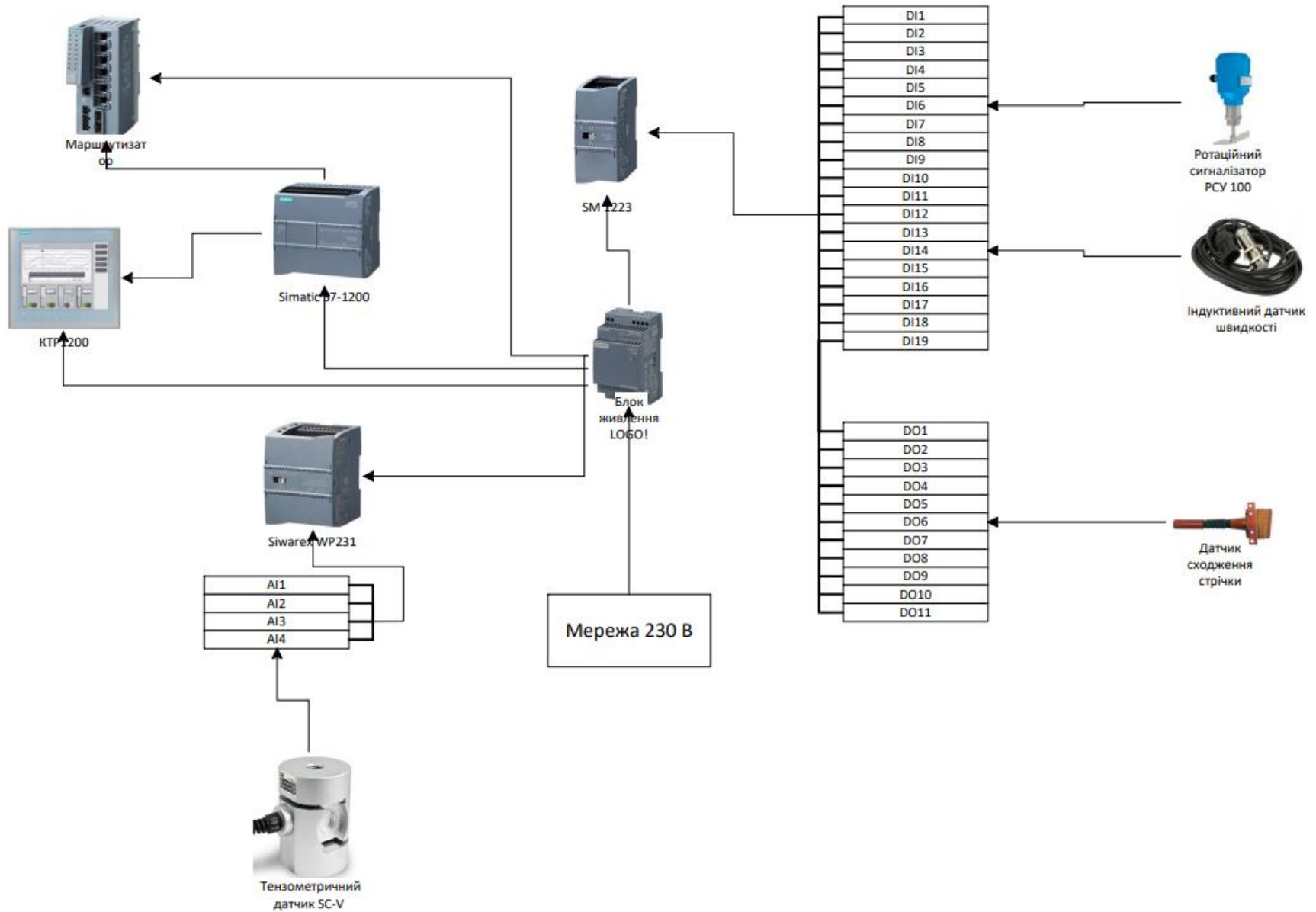


Рисунок 2.8 – Схема структурного комплексу технічних засобів КФС ДПЗ

2.5 Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку найбільшої локальної мережі підприємства

Найбільшою локальною мережею є LAN3 з 147 вузлами. Ця мережа має такі дані:

1. Середня інтенсивність трафіку в мережі LAN3 – 127 кадри/с;
2. Кількість портів комутатора – 24;
3. Середня довжина вихідного повідомлення в мережі LAN3 – 650 байтів;
4. Максимальна затримка передачі пакету – не більше 6 мс.

Тоді пропускна здатність мережі обчислюється за формулою:

$$P_{p.p} = 8 \times \mu \times n \times l = 8 \times 127 \times 24 \times 650 = 15849600 \text{ біт/с,}$$

де $P_{p.p}$ – це пропускна здатність мережі, біт/с;

μ – середня інтенсивність трафіку;

n – кількість портів комутатора;

l – середня довжина вихідного повідомлення.

Далі вимірюється пропускна здатність мережі на рівні розподілу:

$$P_{p.p} = 8 \times \mu \times N \times l = 8 \times 127 \times 147 \times 650 = 97.07 \text{ Мбіт/с,}$$

Де N – кількість вузлів в найбільшій мережі.

Пропускна здатність комутатора 1000 Мбіт/с, тому навантаження на нього повинно бути менше, ніж:

$$\mu_{\text{вих}} = 1000 \times 1000000 / (l \times 8) = 1000 \times 1000000 / (650 \times 8)$$

$$\mu_{\text{вих}} = 192307 \text{ пакетів/с}$$

Далі необхідно зробити обмеження на приєднання до комутатора. Це робиться за такою формулою:

$$N_{\text{дж}} = \mu_{\text{вих}} / \mu = 192307 / 127 = 1514$$

Після цього розраховується інтенсивність вихідного трафіку:

$$\lambda = N \times \mu = 147 \times 127 = 18669 \text{ пакетів/с}$$

На основі інтенсивності вихідного трафіку знаходиться коефіцієнт затримки на рівні розподілу:

$$\rho = \lambda / \mu_{\text{вих}} = 18669 / 192307 = 0,097$$

Коефіцієнт зайнятості комутатора:

$$r = \rho / (1 - \rho) = 0,097 / (1 - 0,097) = 0,9$$

Тоді середня затримка кадру в черзі М/М/1 становить:

$$T = 1 / (\mu_{\text{вих}} - \lambda) = 1 / (192307 - 18669) = 173638$$

З цього випливає, що середня довжина черги пакетів:

$$L_{\text{черг}} = \rho^2 / (1 - \rho) = 0,097^2 / (1 - 0,097) = 0,9$$

Середній час одного пакету у черзі знаходиться за формулою:

$$T_{\text{оч}} = L_{\text{черг}} / \lambda = 0,9 / 18669 = 4,82 \text{ мкс}$$

Зрештою пропускна здатність:

$$b = \lambda \times l \times 8 = 18669 \times 650 \times 8 = 97,07 \text{ Мбіт/с}$$

З отриманих результатів можна зробити висновок, що лінії розподілу на 1 Гбіт/с буде достатньо.

3 РОЗРОБКА КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок схеми адресації мережі

Топологічна схема підприємства складається з 5 підмереж:

LAN1 – керівництво підприємства;

LAN2 – фінансовий відділ;

LAN3 – виробничий відділ;

LAN4 – відділ технічної підтримки;

LAN5 – відділ постачання;

Кількість вузлів мережі представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – кількість вузлів на кожній підмережі

LAN1	LAN2	LAN3	LAN4	LAN5
24	116	147	100	90

Необхідно визначити діапазони IP-адрес для кожної підмережі, виходячи з того, що початкова IP-адреса 10.25.88.0/22. Найкращим способом, як це зробити, є використання методу VLSM. Цей метод дозволяє перерозподіляти IP-адреси пропорційно до величини підмережі.

Кількість вузлів, які виділяються на підмережу визначається за формулою:

$$2^n - 2,$$

де n – це кількість біт, яка виділяється.

Для LAN3 – найбільшої підмережі – необхідно виділити 8 біт, тобто кількість вузлів буде:

$$2^8 - 2 = 254$$

Для LAN2 необхідно виділити 7 біт, тобто кількість вузлів буде:

$$2^7 - 2 = 126$$

Для LAN4 необхідно виділити 7 біт, тобто кількість вузлів буде:

$$2^7 - 2 = 126$$

Для LAN5 необхідно виділити 7 біт, тобто кількість вузлів буде:

$$2^7 - 2 = 126$$

Для LAN1 необхідно виділити 5 біт, тобто кількість вузлів буде:

$$2^5 - 2 = 30$$

Подальший розрахунок діапазону допустимих IP-адрес на локальних підмережах наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахування IP-вузлів локальних підмереж

Назва підмережі	Кількість вузлів	Адреса підмережі	Маска підмережі	Діапазон допустимих IP-вузлів адрес
LAN3	254	10.25.88.0	24	10.25.88.1-10.25.88.254
LAN2	126	10.25.89.0	25	10.25.89.1-10.25.89.126
LAN4	126	10.25.89.128	25	10.25.89.129- 10.25.89.255
LAN5	126	10.25.90.0	25	10.25.90.1-10.25.90.127
LAN1	30	10.25.90.128	27	10.25.90.129- 10.25.90.159

Окрім цього необхідно виділити вузли для каналів між маршрутизаторами, що представлено у таблиці 3.3. Початкова IP-адреса 10.0.11.0/24.

Таблиця 3.3 - Розрахування IP-вузлів для каналів між маршрутизаторами

Назва підмережі	Кількість вузлів	Адреса підмережі	Маска підмережі	Діапазон допустимих IP-вузлів адрес
WAN1	2	10.0.11.0	30	10.0.11.1-10.0.11.2
WAN2	2	10.0.11.4	30	10.0.11.5-10.0.11.6
WAN3	2	10.0.11.8	30	10.0.11.9-10.0.11.10
WAN4	2	10.0.11.12	30	10.0.11.13-10.0.11.14
WAN5	2	10.0.11.16	30	10.0.11.17-10.0.11.18

Продовження таблиці 3.3

ISP1	2	209.165.202.0	30	209.165.202.1- 209.165.202.2
ISP2	2	64.100.13.0	30	64.100.13.1-64.100.13.2

3.2 Розрахунок схеми адресації пристроїв

Далі необхідно привласнити адреси маршрутизаторам. Результати наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Схема адресації пристроїв для маршрутизації

Пристрій	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN	Інтерфейс підключеного пристрою
ISP	Se0/2/1	209.165.202.2	255.255.255.252	-	-	Se0/3/1
	Gig0/0	64.100.13.1	255.255.255.252	-	-	Gig0/0
	Gig0/1	209.165.201.1	255.255.255.240	-	-	Fa0
Router0	Gig0/0	64.100.13.2	255.255.255.252	-	-	Gig0/0
	Gig0/1	10.25.89.129	255.255.255.128	-	-	Gig0/1
Router1	Gig0/0	10.1.11.1	255.255.255.252	-	-	Gig0/0
	Gig0/1	10.25.81.1	255.255.255.192	-	-	Gig0/1
	Gig0/2	10.1.11.13	255.255.255.252	-	-	Gig0/2
	Fa0/3/1	10.25.89.1	255.255.255.128	-	-	Fa0/1
Router2	Gig0/1	10.25.90.129	255.255.255.224	-	-	Gig0/1
	Se0/3/0	10.1.11.18	255.255.255.252	-	-	Se0/3/0
Router3	Se0/3/0	10.1.11.6	255.255.255.252	-	-	Se0/3/0
	Se0/3/1	209.165.202.2	255.255.255.252	-	-	Se0/2/1
	Gig0/1	10.25.90.1	255.255.255.128	-	-	Gig0/1
Router4	Gig0/0	10.1.11.2	255.255.255.252	-	-	Gig0/0
	Gig0/1	10.1.11.9	255.255.255.252	-	-	Gig0/1
	Se0/3/0	10.1.11.5	255.255.255.252	-	-	Se0/3/0
Router5	Gig0/1	10.1.11.10	255.255.255.252	-	-	Gig0/1
	Gig0/2	10.1.11.14	255.255.255.252	-	-	Gig0/2
	Se0/3/0	10.1.11.17	255.255.255.252	-	-	Se0/3/0

Після цього необхідно розподілити IP-адреси серверів за допомогою формули перша адреса підмережі + 9 + №_варіанту. Для прикладу перша адреса підмережі, в якій знаходиться HTTP сервер 10.25.90.129, тоді за формулою виходить, що сам сервер має адресу 10.25.90.149. За таким принципом розраховуються й інші адреси і заносяться до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Адресація інтерфейсів серверів

Назва серверу	Назва інтерфейсу	IP-адреса	Маска	Шлюз
Server HTTP	Fa0	10.25.90.149	27	10.25.90.129
Server DNS	Fa0	10.25.88.149	26	10.25.88.129
Server TFTP	Fa0	10.25.89.149	25	10.25.89.129

Далі потрібно розподілити IP-адреси на комутаторах з SVI інтерфейсами. Результати наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – схема адресації комутаторів з SVI інтерфейсами

Пристрій	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN	Інтерфейс підключеного пристрою
Switch1_LAN1	Vlan1	10.25.90.130	255.255.255.224	10.25.90.129	1	-
	Fa0/1	-	-	-	-	Fa0/1
	Fa0/3	-	-	-	-	Fa0/4
	Fa0/24	-	-	-	-	Fa0
Switch2_LAN1	Vlan1	10.25.90.131	255.255.255.224	10.25.90.129	1	-
	Fa0/1	-	-	-	-	Fa0/1
	Fa0/6	-	-	-	-	Fa0/6
Switch3_LAN1	Vlan1	10.25.90.132	255.255.255.224	10.25.90.129	1	-
	Fa0/4	-	-	-	-	Fa0/3
	Fa0/6	-	-	-	-	Fa0/6

Продовження таблиці 3.6

Switch1_ LAN2	Vlan1	10.25.89.2	255.255.255.128	10.25.89. 1	1	-
	Fa0/10	-	-	-	-	Fa0
Switch1_ LAN3	Vlan1	10.25.88.194	255.255.255.192	10.25.88. 193	1	-
	Fa0/1	-	-	-	-	Fa0/1
Switch2_ LAN3	Vlan1	10.25.88.195	255.255.255.192	10.25.88. 193	1	-
	Fa0/5	-	-	-	-	Fa0
	Fa0/1	-	-	-	-	Fa0/1
Switch1_ LAN4	Vlan1	10.25.89.130	255.255.255.128	10.25.89. 129	1	-
	Fa0/24	-	-	-	-	Fa0
Switch1_ LAN5	Vlan1	10.25.90.2	255.255.255.128	10.25.90. 2	1	-

3.3 Налаштування логічної моделі комп'ютерної системи корпоративної мережі

На основі попередніх розрахунків, що наведені у таблицях 3.2-3.6 розроблено топологію корпоративної мережі, що подана на рисунку 3.1.

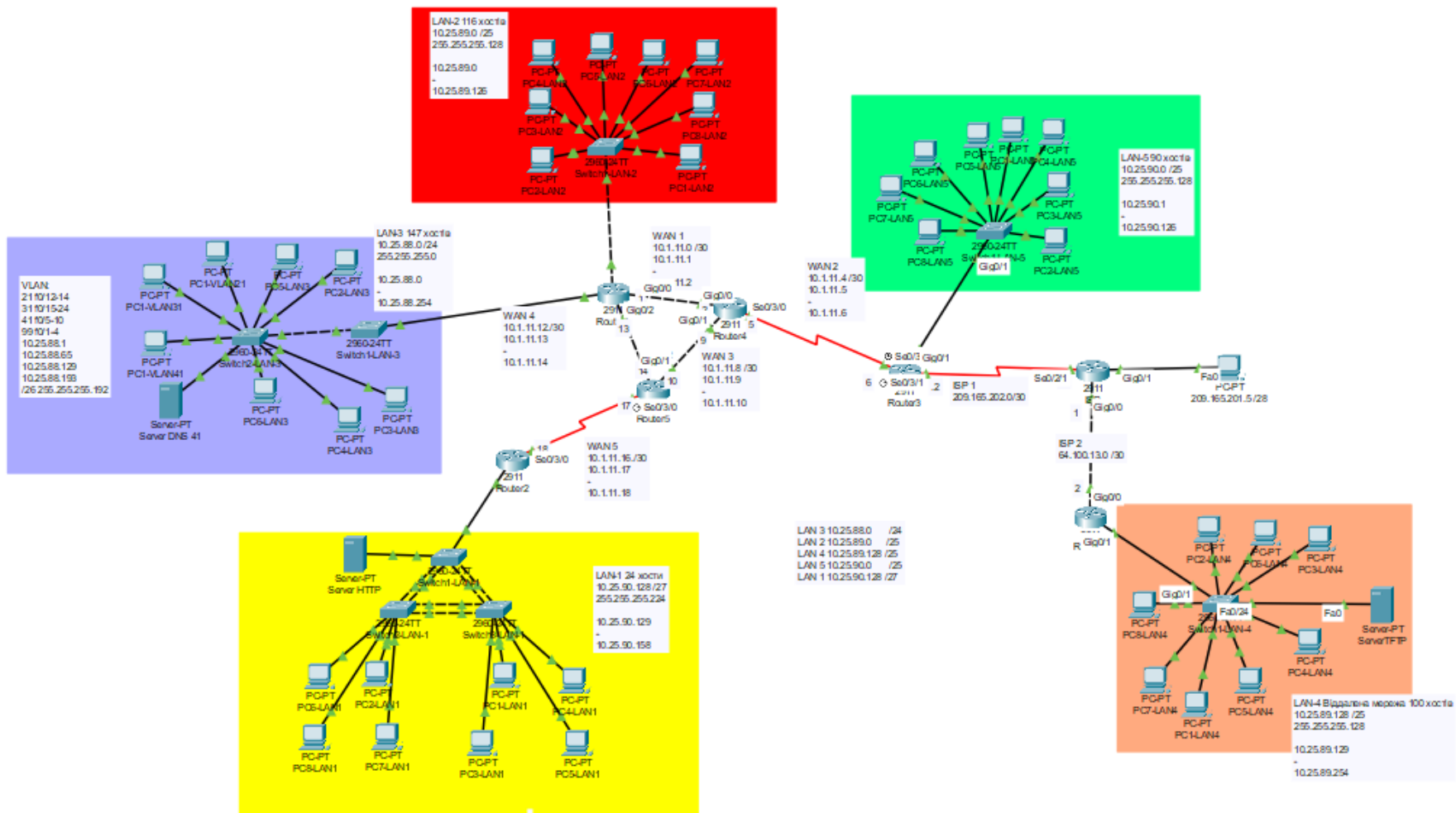


Рисунок 3.1 – Топологія корпоративної мережі

3.4 Базове налаштування та конфігурація пристроїв

Для початку необхідно провести налаштування назви пристроїв, встановлення паролів, шифрування паролів, створення MOTD банера, використання протоколу SSH та створення локального користувача.

До прикладу було налаштовано маршрутизатор Router0:

```
Router0>enable
```

```
Router0#conf t
```

Привласнення імені:

```
Router0 (config)#hostname Marchenkov_Router0
```

Створення MOTD банера:

```
Marchenkov_Router0 (config)#banner motd « Marchenkov_Project»
```

Встановлення паролю консольної лінії:

```
Marchenkov_Router0 (config)#line console 0
```

```
Marchenkov_Router0 (config-line)#password cisco
```

Встановлення паролю на vty:

```
Marchenkov_Router0 (config-line)#login
```

```
Marchenkov_Router0 (config-line)#line VTY 0 15
```

```
Marchenkov_Router0 (config-line)#password cisco
```

Встановлення паролю для привелєйованого режиму:

```
Marchenkov_Router0 (config-line)#login
```

```
Marchenkov_Router0 (config-line)#enable secret class
```

Шифрування паролів:

```
Marchenkov_Router0 (config)#service password-encryption
```

Встановлення доменного імені:

```
Marchenkov_Router0 (config)#ip domain-name Marchenkov_Router0
```

Генерація ключа шифрування за допомогою протоколу RSA:

```
Marchenkov_Router0 (config)#crypto key generate rsa
```

Задання кількості бітів для задання розміру ключа. Обрано 1024 бітів:

```
How many bits in the modulus [512]: 1024
```

Створення локального користувача:

```
Marchenkov_Router0 (config)#username 123202_Marchenkov password  
admincisco
```

Далі було налаштовано використання протоколу SSH на всіх VTY лініях:

```
Marchenkov_Router0 (config)#line vty 0 15  
Marchenkov_Router0 (config-line)#transport input ssh  
Marchenkov_Router0 (config-line)#login local
```

3.5 Налаштування маршрутизаторів корпоративної мережі

Наступним кроком є налаштування пристроїв в мережі. Для цього необхідно налаштувати адресацію інтерфейсів маршрутизаторів, пропускну спроможність, затримку та тактову частоту.

На прикладі буде розглядатися Router3:

```
Marchenkov_Router3 (config)# interface Serial0/3/0  
Marchenkov_Router3 (config-if)# ip address 10.1.11.6 255.255.255.252  
Marchenkov_Router3 (config-if)# clock rate 128000  
Marchenkov_Router3 (config-if)# delay 7500  
Marchenkov_Router3 (config-if)# bandwidth 128  
Marchenkov_Router3 (config-if)# exit  
Marchenkov_Router3 (config)# interface Serial0/3/1  
Marchenkov_Router3 (config-if)# ip address 209.165.202.2 255.255.255.252  
Marchenkov_Router3 (config-if)# clock rate 128000  
Marchenkov_Router3 (config-if)# delay 7500  
Marchenkov_Router3 (config-if)# bandwidth 128
```

Далі необхідно було налаштувати маршрутизацію, використовуючи протокол OSPF. Цей протокол потрібен для того, щоб знайти найкоротші шляхи. Після цього налаштування маршрутизатори стають підключеними між собою і починають обмінюватися таблицею маршрутизації.

```
Marchenkov_Router3 (config)# router ospf 11 // активування протоколу
```

```
Marchenkov_Router3 (config-router)# network 10.1.11.4 0.0.0.3 area 0
```

```
Marchenkov_Router3 (config-router)# network 10.25.90.0 0.0.0.127 area 0
```

```
Marchenkov_Router3 (config-router)# network 209.165.202.0 0.0.0.3 area 0
```

Після цього необхідно відключити автоматичну розсилку повідомлень, а потім підключити її лише на тих інтерфейсах, що підключені до маршрутизаторів.

```
Marchenkov_Router3 (config-router)# passive-interface default
```

```
Marchenkov_Router3 (config-router)# no passive-interface Serial0/3/0
```

```
Marchenkov_Router3 (config-router)# no passive-interface Serial0/3/1
```

Далі необхідно налаштувати пропускну спроможність маршрутизаторів.

```
Marchenkov_Router3 (config-router)# auto-cost reference-bandwidth 1000
```

Наступним кроком є налаштування статичних маршрутів.

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.1
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip route 209.165.201.0 255.255.255.240
209.165.202.1
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip route 10.25.89.128 255.255.255.128
209.165.202.1
```

Далі потрібно провести налаштування служби AAA. Ця служба використовується для опису процесу, надає доступ до КМ та здійснює керування КМ.

Першим кроком є налаштування маршрутизатора:

```
Marchenkov_Router3 (config)# aaa new-model
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# aaa authentication login console group radius
local
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# line console 0
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# login authentication console
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# aaa authentication login default local
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# username Marchenkov_Router3 password
admin123
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# line vty 0 15
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# login authentication default
```

Далі потрібно налаштувати сервер. У роботі було налаштовано сервер TFTP. Результати з даними користувачів показані на рисунку 3.2.

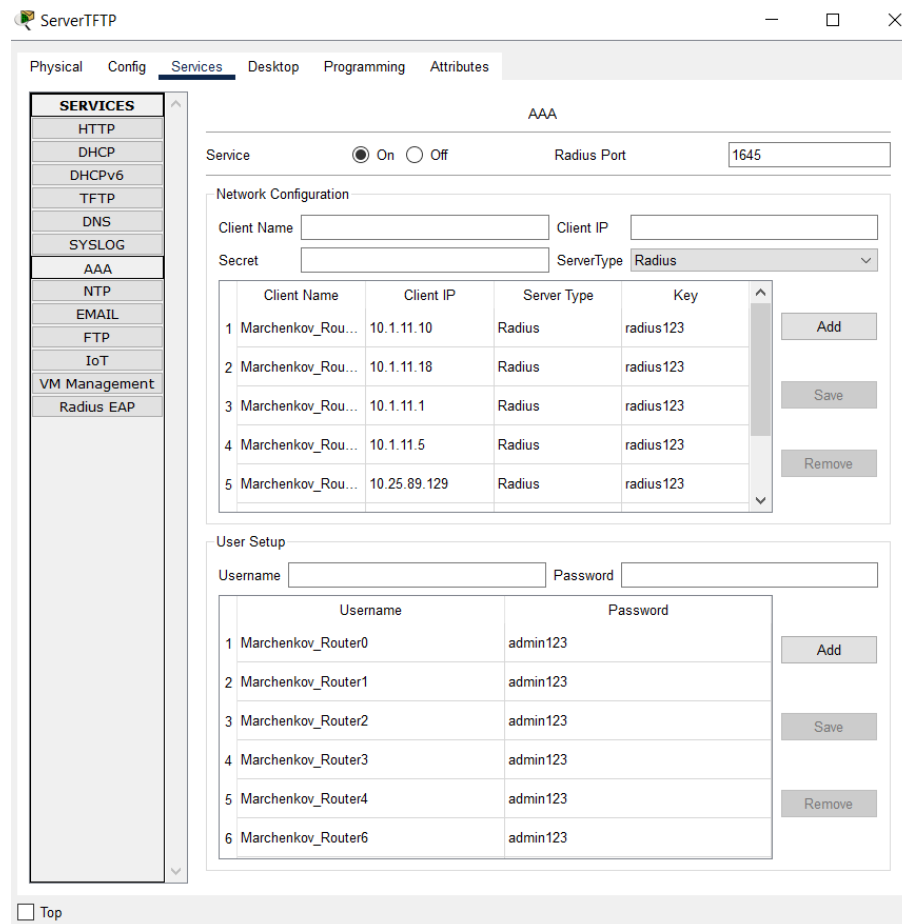


Рисунок 3.2 – Налаштування RADIUS-сервера

Після цього необхідно налаштувати динамічне розподілення адрес. Це можна зробити за допомогою налаштування протоколу DHCP. Налаштування будуть проводитися на Router2.

```

Marchenkov_Router2 (config)# ip dhcp pool poollan1
Marchenkov_Router2 (dhcp-config)# network 10.25.90.128 255.255.255.224
Marchenkov_Router2 (dhcp-config)# default-router 10.25.90.129
Marchenkov_Router2 (dhcp-config)# dns-server 10.25.88.149
Marchenkov_Router2 (dhcp-config)# exit
Marchenkov_Router2 (config)# ip dhcp excluded-address 10.25.90.128
10.25.90.138

```

3.6 Налаштування роботи Інтернет

Для налаштування роботи Інтернету потрібно провести конфігурацію NAT. Його налаштовують на граничних маршрутизаторах з маршрутизатором ISP.

Налаштування виконано на маршрутизаторі Router3. Згідно завдання було використано пул адрес 209.165.200.5-209.165.200.30.

Для конфігурації NAT було використано розширений список доступу, який давав би доступ усьому трафіку, окрім трафіку з основної мережі до віддаленої.

```

Marchenkov_Router3 (config)# ip access-list extended NAT
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.88.0 0.0.0.255
10.24.89.128 0.0.0.127
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.89.0 0.0.0.127
10.24.89.128 0.0.0.127
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.90.0 0.0.0.127
10.24.89.128 0.0.0.127

```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.90.128 0.0.0.31
10.24.89.128 0.0.0.127
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.88.0 0.0.0.255 any
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.89.0 0.0.0.127 any
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.90.0 0.0.0.127 any
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.90.128 0.0.0.31 any
```

Також потрібно налаштувати статичний маршрут NAT. Після цього визначити і вказати, чи інтерфейс є вхідним чи вихідним, тобто визначити його роль у NAT.

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip nat pool Internet 209.165.200.5
209.165.200.30 netmask 255.255.255.224
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip nat inside source list NAT pool Internet
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# interface Serial0/3/1
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip nat outside
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# interface Serial0/3/0
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip nat inside
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# interface Gig0/1
```

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip nat inside
```

Окрім цього так само треба налаштувати Router0, тому що він також є граничним маршрутизатором з маршрутизатором ISP. Згідно завдання на цьому маршрутизаторі пул адрес 209.165.200.37-209.165.200.62.

Після цього потрібно налаштувати VPN. Для цього треба надати доступ від підмереж до віддаленої підмережі. Далі треба буде увімкнути спеціальний модуль securityk9 з подальшим прийняттям умов.

```
Marchenkov_Router3 (config)# ip access-list extended VPN
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.88.0 0.0.0.255
10.24.89.128 0.0.0.127
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.89.0 0.0.0.127
10.24.89.128 0.0.0.127
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.90.0 0.0.0.127
10.24.89.128 0.0.0.127
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.90.128 0.0.0.31
10.24.89.128 0.0.0.127
```

```
Marchenkov_Router3 (config-ext-nacl)# exit
```

```
Marchenkov_Router3(config)#license boot module c2900 technology-package
securityk9
```

Після введення останньої команди прийде запит на підтвердження доступу. Коли доступ підтверджений, необхідно перезавантажити усі маршрутизатори. Для подальшого налаштування VPN необхідно додати політику шифрування ISAKMP 10 і створити загальний ключ шифрування з ім'ям marchenkov.

```
Marchenkov_Router3(config)# crypto isakmp policy 10
```

```
Marchenkov_Router3(config-isakmp)# encryption aes
```

```
Marchenkov_Router3(config-isakmp)# authentication pre-share
```

```
Marchenkov_Router3(config-isakmp)# group 2
```

```
Marchenkov_Router3(config-isakmp)# crypto isakmp key marchenkov address
64.100.13.2
```

```
Marchenkov_Router3(config)# crypto ipsec transform-set VLAD esp-aes esp-
sha-hmac
```

```
Marchenkov_Router3(config)# crypto map MAP 10 ipsec-isakmp
```

```
Marchenkov_Router3(config-crypto-map)# description VPN connection to R5
```

```
Marchenkov_Router3(config-crypto-map)# set peer 64.100.13.2
```

```
Marchenkov_Router3(config-crypto-map)# set transform-set VLAD
```

```
Marchenkov_Router3(config-crypto-map)# match address VPN
```

```
Marchenkov_Router3(config-crypto-map)# interface Serial0/3/1
```

```
Marchenkov_Router3(config-if)# crypto map MAP
```

У кінці з'явиться повідомлення про успішне налаштування, що представлено на рисунку 3.3.

```
*Jan  3 07:16:26.785: %CRYPTO-6-ISA_KMP_ON_OFF: ISAKMP is ON
```

Рисунок 3.3 – результати налаштування

3.7 Захист інформації в кіберфізичній системі від несанкціонованого доступу

Для захисту інформації від несанкціонованого доступу мережу LAN3 було розділено на 4 VLAN, 3 з яких є основними, а 4 створена для призначення інтерфейсу комутаційного пристрою.

Налаштування показано на прикладі комутатора Switch1-LAN-3:

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config)# vlan 21
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# name Accounting
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# vlan 31
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# name Resources_Department
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# vlan 41
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# name Guest
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# vlan 99
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# name Management
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# vlan 100
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-vlan)# name Native
```

Далі було складено список мереж VLAN і представлено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Список мереж VLAN

Номер VLAN	Ім'я VLAN	Примітка	Розподілення портів
1	Default	Не використовується	-
21	Accounting	Відділ кадрів	f0/12-14
31	Resources Department	Відділ зарплатних проектів	f0/15-24
41	Guest	Відділ касових операцій	f0/5-10
99	Management	Для управління пристроями	f0/1-4

Після цього необхідно привласнити IP-адресу на SVI-інтерфейс vlan99.

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config)# int vlan 99
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# ip address 10.25.88.194
```

```
255.255.255.192
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# ip default-gateway 10.25.88.193
```

Далі необхідно зробити налаштування дозволів порту.

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config)# int g0/1
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# switchport mode trunk
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# switchport trunk native vlan 100
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# switchport trunk allowed vlan
```

```
21,31,41,99,100
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# no shutdown
```

Наступним кроком є розподіл інтерфейсів VLAN:

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config)# int range f0/5-10
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode access
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport access vlan 41
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# int range f0/15-24
```

```

Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode access
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport access vlan 31
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# int range f0/12-14
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode access
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport access vlan 21
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# int range f0/1-4
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport mode trunk
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if-range)# switchport trunk native vlan

```

100

Після налаштування комутатора необхідно налаштувати маршрутизатор, до якого під'єднана мережа VLAN, а саме маршрутизатор Router1.

```

Marchenkov_Router1(config)# ip dhcp pool poolvlan21
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# network 10.25.88.0 255.255.255.192
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# default-router 10.25.88.1
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# dns-server 10.25.88.149
Marchenkov_Router1(config)# ip dhcp pool poolvlan31
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# network 10.25.88.64 255.255.255.192
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# default-router 10.25.88.65
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# dns-server 10.25.88.149
Marchenkov_Router1(config)# ip dhcp pool poolvlan41
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# network 10.25.88.128 255.255.255.192
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# default-router 10.25.88.129
Marchenkov_Router1(dhcp-config)# dns-server 10.25.88.149
Marchenkov_Router1(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.88.0

```

10.25.88.10

```

Marchenkov_Router1(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.88.64

```

10.25.88.74

```
Marchenkov_Router1(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.88.128  
10.25.88.138
```

```
Marchenkov_Router1(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.88.149
```

Після налаштування DHCP необхідно зробити конфігурацію віртуальних інтерфейсів на маршрутизаторі.

```
Marchenkov_Router1(config)# int g0/1.21
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# encapsulation dot1Q 21
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# ip address 10.25.88.1 255.255.255.192
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# no shutdown
```

```
Marchenkov_Router1(config)# int g0/1.31
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# encapsulation dot1Q 31
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# ip address 10.25.88.65 255.255.255.192
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# no shutdown
```

```
Marchenkov_Router1(config)# int g0/1.41
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# encapsulation dot1Q 41
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# ip address 10.25.88.129 255.255.255.192
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# no shutdown
```

```
Marchenkov_Router1(config)# int g0/1.99
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# encapsulation dot1Q 99
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# ip address 10.25.88.193 255.255.255.192
```

```
Marchenkov_Router1(config-if)# no shutdown
```

Далі було налаштовано функцію безпеки портів, де доступ надається лише двом унікальним пристроям:

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config)# interface f0/5
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# switchport mode access
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# switchport port-security maximum 2
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# switchport port-security mac-address sticky
```

```
Marchenkov_Switch1_LAN3(config-if)# switchport port-security violation restrict
```

На цьому налаштування VLAN закінчено і підмережа LAN3 має в результаті такий вигляд, як на рисунку 3.4.

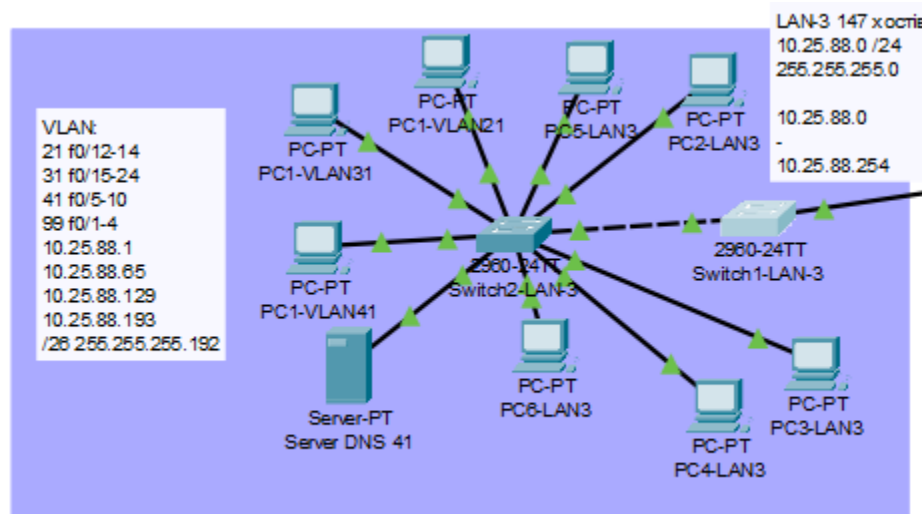


Рисунок 3.4 – вигляд підмережі LAN3

3.8 Перевірка роботи моделі комп'ютерної системи

Для початку треба перевірити налаштування логіну та паролю на якомусь з маршрутизаторів (рисунок 3.5).

```
Marchenkov_Project
User Access Verification
Username: 123202_Marchenkov
Password:
Marchenkov_Router3>
```

Рисунок 3.5 – перевірка верифікації

Далі потрібно перевірити підключення до Інтернету (рисунок 3.6).

```

PC6-LAN1
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 209.165.201.5

Pinging 209.165.201.5 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=60ms TTL=123
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=71ms TTL=123
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=21ms TTL=123

Ping statistics for 209.165.201.5:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss)
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 21ms, Maximum = 71ms, Average = 50ms

C:\>

```

Рисунок 3.6 – перевірка підключення до Інтернету

Після цього треба перевірити таблицю маршрутизації Router3 (рисунок 3.7).

```

Marchenkov_Router3>show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 209.165.202.1 to network 0.0.0.0

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 15 subnets, 5 masks
O       10.1.11.0/30 [110/648] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
C       10.1.11.4/30 is directly connected, Serial0/3/0
L       10.1.11.6/32 is directly connected, Serial0/3/0
O       10.1.11.8/30 [110/648] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
O       10.1.11.12/30 [110/649] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
O       10.1.11.16/30 [110/8460] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
O       10.25.88.0/26 [110/658] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
O       10.25.88.64/26 [110/658] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
O       10.25.88.128/26 [110/658] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
O       10.25.88.192/26 [110/658] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0
O       10.25.89.0/25 [110/658] via 10.1.11.5, 01:59:55, Serial0/3/0

```

Рисунок 3.7 – таблиця маршрутизації Router3

Далі потрібно перевірити роботу серверів HTTP та DNS через запит в веб-браузері одного з пристроїв 123.dnipro.ua. Результат перевірки наведено на рисунку 3.8.

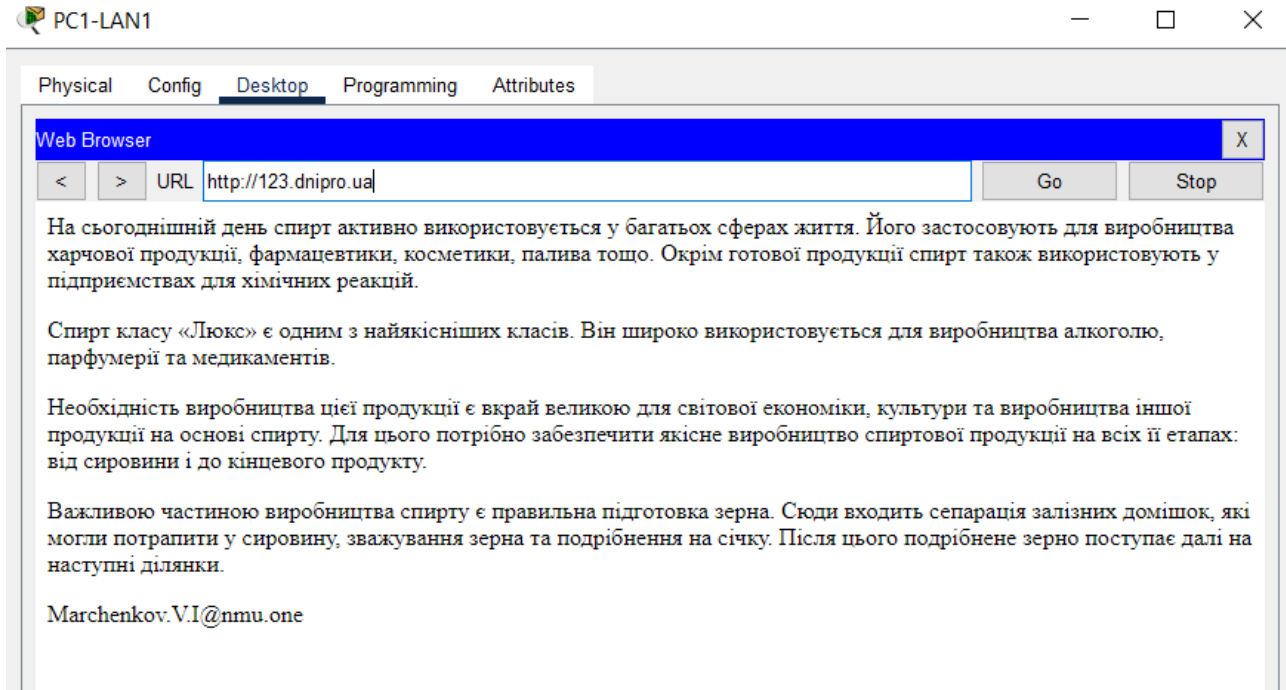


Рисунок 3.8 – перевірка роботи серверів HTTP та DNS

Після цього необхідно перевірити роботу VPN (рисунки 3.9-3.10)

```
IPv4 Crypto ISAKMP SA
dst          src          state          conn-id slot status
209.165.202.2 64.100.13.2  QM_IDLE       1031    0 ACTIVE
```

```
IPv6 Crypto ISAKMP SA
```

Рисунок 3.9 – перевірка роботи VPN


Fire	Last Status	Source	Destination	Type
	Successful	PC1-LAN5	PC1-LAN4	ICMP

Рисунок 3.10 – перевірка роботи VPN

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ

4.1 Призначення та область використання модуля керування терезами на лінії

Модуль керування призначений для керування процесом зважування зерна на підприємствах, де присутня ДПЗ.

Модуль є частиною ДПЗ. Усі процеси відбуваються автоматично, але є можливість переходу на ручний режим.

4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми

4.2.1 Постановка задачі на розробку програми

Необхідно розробити програму для керування процесом зважування зерна на ДПЗ, використовуючи мову програмування LAD в середовищі Siemens TIA Portal. Процес керування виконано на основі розробленого графу стану.

4.2.2 Опис алгоритму і функціонування програми

Програма керування терезами повинна виконувати наступні дії:

- керування електро засувками на дні бункерів;
- отримання сигналів з ротаційних сигналізаторів, які розташовані у верхніх та нижніх частинах бункерів, що відповідають за процес зважування зерна;
- отримання сигналів з тензодатчиків;

Програма на контролері читається і виконується інтерпретатором постійно. Враховуючи, що довжина програми приблизно 20 командних блоків, навіть при найгірших затримках часу, час, який витрачається на читання програми, буде не перевершувати 20мс.

4.2.3 Опис і обґрунтування вхідних і вихідних сигналів

Згідно таблиці 2.1 програма має наступні вхідні дані:

- отримання даних про вагу зерна, що поступають з тензодатчиків, прикріплених до ніжок бункеру;
- отримання даних про кількість зерна у кожному бункері за рахунок роботи датчиків рівнів.

Згідно таблиці 2.1 програма має наступні вихідні дані:

- сигнал на відкриття та закриття електро засувки.

4.2.4 Розробка математичних моделей керування процесом

Використовуючи таблицю 2.1 можна скласти граф станів програмного модуля керування терезами, що наведено на рисунку 4.1.

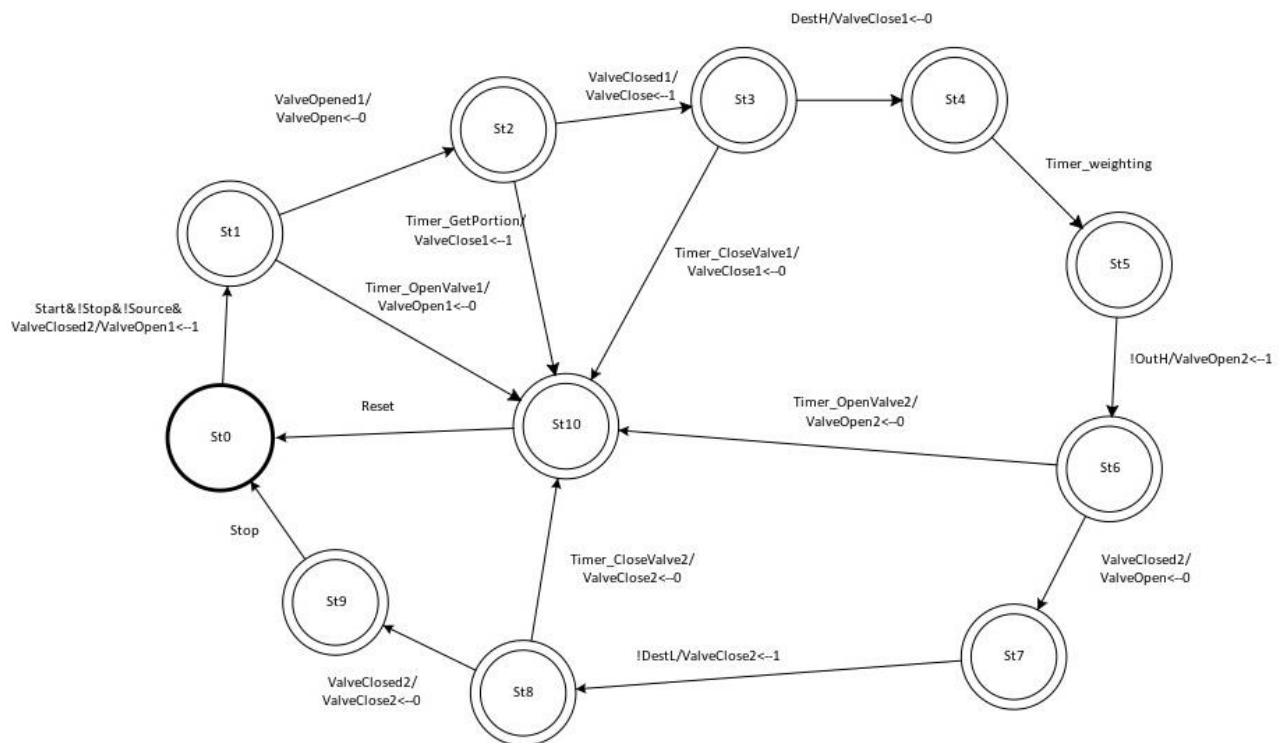


Рисунок 4.1 – Граф станів блоку зважування

Опис станів:

St0 – засувку 1 відкрити;

St1 – засувка один відкривається;

St2 – засипка порції;

St3 – засувка 1 закривається;

St4 – зважування;

St5 – засувку 2 відкрити;

St6 – засувка 2 відкривається;

St7 – засувку 2 закрити;

St8 – засувка 2 закривається;

St9 – стан очікування;

St10 – аварійний стан.

4.2.5 Опис і обґрунтування вибору і складу технічних засобів

Програма пишеться для подальшого завантаження на PLC для автоматизованого керування блоком зважування. Для написання програми використовується середовище розробки Siemens TIA Portal V.15. Мова програмування – LAD.

4.3 Опис розробленої програми

4.3.1 Загальні відомості

Текст програми розташований в проекті Zvazhuvana.

Для того, щоб завантажити програму в контролер необхідна наявність середі розробки TIA Portal V.15. Програма завантажується в контролер лише один раз і потім зберігається там. Програма запускається автоматично після увімкнення живлення.

4.3.2 Функціональне призначення

Програма реалізує роботу керуванням обладнанням для зважування на ДПЗ, а саме виконує керування засувками та зчитування даних з тензодатчиків та датчиків рівня.

4.3.3 Опис логічної структури програми

Програма складається з програмних блоків `weight_calc` [FC1], `Main` [OB1], `commands` [DB4], `main_graph` [FB1] та таблиці тегів `Default tag table` [53].

Програмний блок `Main` [OB1] – це основний блок програми, який проводить керування процесом зважування.

Програмний блок `weight_calc` [FC1] масштабує сигнали тензодатчиків та на основі цього отримує результати ваги порції.

Програмний блок `commands` [DB4] описує функції основних команд програми.

Програмний блок `main_graph` [FB1] реалізує процес зважування зерна по станам системи.

Таблиця тегів `Default tag table` [53] описує усі наявні в програмі теги, інформацію про них та їхнє призначення.

4.3.4 Технічні засоби

Для роботи програми потрібні: PLC SIMATIC S7-1200 ES7214-1AG40-0XB0 – 1 шт., модуль дискретного введення-виведення SM 1223 – 1 шт., ваговий модуль Siwarex WP231 – 1 шт., блок живлення SIEMENS LOGO! – 1 шт..

4.3.5 Завантаження та робота програми

Програма завантажується у PLC SIMATIC S7-1200 за допомогою TIA Portal V.15, де і зберігається впродовж всього часу, що ділянка працює. Програма запускається автоматично після надходження живлення на контролер.

ВИСНОВКИ

У цій роботі було розроблено кіберфізичну систему ділянки підготовки зерна лінії з виготовлення спирту класу «Люкс». Розроблена система може підвищити якість спирту та ефективність процесів виробництва.

Результати роботи можуть бути використані у підприємстві, яке виробляє спирт класу «Люкс», або навіть інші види підприємств, у виробничих системах яких присутня така сама ділянка підготовки зерна.

Було проаналізовано та наведено загальну інформацію про спирти та об'єкт дослідження «Національну горілчану компанію», наведено інформацію про обладнання на ділянці та проаналізовано процеси системи.

Окрім цього, було зроблено дослідження апаратної частини, а саме опис та характеристики елементів кіберфізичної системи, розрахунки джерел живлення тощо.

Кіберфізична система ДПЗ була інтегрована у розроблену та налаштовану корпоративну мережу. На КМ були проведені налаштування з адресації, захисту системи, підключення до Інтернету тощо.

Однією з задач роботи було розробка програмного модулю зважування зерна. Задачу було виконано і, крім цього, було описано процес та побудову програми.

Мета роботи, яка полягала у розробці кіберфізичної системи ділянки підготовки зерна лінії з виготовлення спирту класу «Люкс», була досягнута.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Спиртовий бензин: переваги і недоліки – [Електронний ресурс] – URL: <https://automotive.org.ua/ua/blog-page/spirtovoy-benzin-preimushchestva-i-nedostatki/>
2. Застосування метанолу, етанолу, гліцерину – [Електронний ресурс] – URL: <https://naurok.com.ua/konspekt-uroku-dlya-9-go-klasu-z-himi-na-temu-zastosuvannya-metanolu-etanolu-glicerinu-otruynist-spirtiv-h-zgubna-diya-na-organizm-lyudini-8201.html>
3. Алкоголь: користь і шкода – [Електронний ресурс] – URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-himiya-etanolu-149239.html>
4. Спирт Альфа, Люкс, Екстра. У чому відмінності по ГОСТ – [Електронний ресурс] – URL: <https://papindrug.com.ua/a419576-spirit-alfa-lyuks.html>
5. Етапи виробництва спирту – [Електронний ресурс] – URL: https://himikialhimiki11.blogspot.com/p/blog-page_15.html
6. Національна горілчана компанія – [Електронний ресурс] – URL: <https://bayaderagroup.com/production>
7. Секційний бункер – [Електронний ресурс] – URL: <https://mehzavod.com.ua/ua/catalog/bunkera/bs/>
8. Ротаційний датчик – [Електронний ресурс] – URL: <https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/rsu80-rotatsijnyj-sygnalizator-rivnja-dlja-sypkyh-seredovysch>
9. Електро Засувки – [Електронний ресурс] – URL: <https://mehzavod.com.ua/ua/catalog/zaslonki/elz-400/>
10. Транспортер стрічковий – [Електронний ресурс] – URL: https://agrohelix.com.ua/transporter-strichkoviy-agroheli-v-400mm.-1-8-m.-strichka-3kvt/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_adgroup={AdGroupNam

[e}&utm_campaign={CampaignName}&d=c&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwg8qzBhAoEiwAWagLrHkc6qbWeUa4ErZVgIQ2sN8nxfqkGJTI0hYJJ2Uba vodCRjngJdTxoCF4UQAvD BwE](#)

11. Підвісний електромагнітний сепаратор – [Електронний ресурс] – URL: <https://prom.ua/ua/p117399209-podvesnoj-elektromagnitnyj-separator.html>
12. Дробарка молоткова ДМР – [Електронний ресурс] – URL: <https://mezhavod.com.ua/ua/catalog/drobilki-molotkovye/dmr/>
13. Норія НКЗ-100 – [Електронний ресурс] – URL: https://agrohelix.com.ua/noriya-nkz-100-820-m-v-zbori-na-motor-redektori/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_adgroup={AdGroupName}&utm_campaign={CampaignName}&d=c&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwg8qzBhAoEiwAWagLrNDyDGC6WjAU1kXmOlnITlh4iyj4LpDROBoeh-wyRp_Y05AgKMTS2xoCtJsQAvD BwE
14. Циклон УОВ – [Електронний ресурс] – URL: <https://mezhavod.com.ua/ua/catalog/tsiklony-pyleotdeliteli/UOV/>
15. Збірник – [Електронний ресурс] – URL: <https://mezhavod.com.ua/ua/catalog/aspiratsionnoe-oborudovanie/sbornyk/>
16. Ротаційний датчик – [Електронний ресурс] – URL: <https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/rsu80-rotatsijnyj-sygnalizator-rivnja-dlja-sypkyh-seredovysch>
17. Індуктивний датчик положення – [Електронний ресурс] – URL: <https://remix.in.ua/ua/p2101485560-induktivnyj-datchik-polozheniya.html>
18. Датчик струму – Електронний ресурс - <https://diylab.com.ua/g13697577-datchiki-strumu-naprugi>
19. Індуктивний датчик швидкості – [Електронний ресурс] – URL: <https://streamagro.com.ua/ua/p1466908394-induktivnyj-datchik-skorosti.html>

20. Датчик сходу стрічки – [Електронний ресурс] – URL: <https://upo.com.ua/product/ksl-2/>
21. PLC – [Електронний ресурс] URL: - <https://standlab.com.ua/programovanyj-logichnyj-kontroler-plk/>
22. Олександр Пупена, «Розробка людино-машинних інтерфейсів та систем збору даних з використанням програмних засобів SCADA/HMI» – видавництво Ліра-К, 2020 – 594 с.
23. Паспорт спеціальності «Харчові технології» - [Електронний ресурс] – URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2021/11/29/181-Kharch.Tekhn-bakalavr-VO-zatv.Stand.01.11.pdf>
24. PLC SIMATIC S7-1200 – [Електронний ресурс] - URL: https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-central-nij-procesor-kontroler-siemens-SIMATIC-s7-12006es7214-1ag40-0xb0-1edde849-c885-674a-9487-9b2d950bf220.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwm_SzBhAsEiwAXE2CvyEv4jg_jlhJRnvaPPgrVqu2VCYJeV4HWkgaUsK5kDL7n-1_7OyZ9hoCDU0QAvD_BwE
25. Модуль дискретного входу-виходу SM 1223 – [Електронний ресурс] – URL: https://www.a2m.com.ua/product/6ES7223-1BH32-0XB0?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwm_SzBhAsEiwAXE2Cv0JEb9Pi_0Wpp18sdqS07I2LU8mAqsJKpTIMXhPLx-EREVhD_7GD3RoCKtgQAvD_BwE
26. Модуль ваговий Siwarex WP231 – [Електронний ресурс] – URL: https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-modul-vagovij-siwarex-wp231-7mh4960-2aa01-dla-pid-ednanna-do-s7-1200-1edde85b-074c-6170-b8b9-e5151eccfc84.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw4f6zBhBVEiwATEHFV

smZnqz_fdv4X-oHQbectrrFhyKg7TD8kWix_h4heq8bR9f8LyB-
KBoCgRUQAvD_BwE

27. HMI панель KTP1200 – [Электронный ресурс] – URL:
<https://topcity.com.ua/shop/SIMATIC-hmi-basic-panel/153684>
28. Маршрутизатор SCALANCE XC206-2SFP – [Электронный ресурс] – URL:
https://prom.ua/ua/p1633846439-siemens-scalance-xc206.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pl&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwm_SzBhAsEiwAXE2Cv-VxonTDcNcAe78MKfM7LmFAOgQ92-ip-ut5Z5ETezaqMbpEuPvOiBoCOEsQAvD_BwE
29. Блок живлення Siemens LOGO! – [Электронный ресурс] – URL:
<https://meanwell.kiev.ua/ua/p675790862-6ep3332-6sb00-0ay0.html>

ДОДАТОК А

Текст програми кіберфізичної системи зважування

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ
ДІЛЯНКИ ПІДГОТОВКИ ЗЕРНА

Текст програми

804.02070743.24011-01 12 01

Листів ____

2024

АНОТАЦІЯ

Дана документ містить програмне забезпечення блоку зважування зерна на ділянці підготовки зерна.

Текст програми реалізований на мові LAD.

Програма створена в середовищі розробки TIA Portal V.15.

ЗМІСТ

1. Програмний блок Main [OB1]
2. Програмний блок main_graph [FB1]
3. Програмний блок commands [DB4]
4. Програмний блок weight_calc [FC1]
5. Таблиця тегів Default tag table [53]