

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації і інформаційних технологій
Кафедра автоматизації технологічних процесів

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР

На тему: «Автоматизована система управління бетоноукладачем»

Кокусяк Крістіан Ніколасович

Інв. N ор.	Підп. і Дата	Зам. Інв. N

Київ 2025

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА
ТА АРХІТЕКТУРИ**

Факультет автоматизації і інформаційних технологій

Кафедра автоматизації технологічних процесів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

«____» _____ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

на тему: «Автоматизована система управління бетоноукладачем»

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач: Кокусяк Крістіан
Ніколасович

Спеціальність: 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Галузь знань: 15 – Автоматизація та
Приладобудування

Група АКІТс-22

Керівник: Луценко В.Ю

Рецензент _____

Ідентичність підтверджую

Зам. Інв. N	
Пізн. і Дата	
Інв. N ор.	

Київ 2025

Зміст

Вступ	5
1 Аналіз технологічного процесу	7
1.1 Загальний огляд процесу виготовлення багатопустотних залізобетонних плит	7
1.2 Аналіз технологічного процесу формування залізобетонних плит	9
1.3 Постановка задачі проектування	14
1.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	15
2 Обґрунтування та вибір технічних засобів автоматизації	17
2.1 Вибір програмованого логічного контролера (ПЛК)	17
2.2 Опис контролера Simatic S7-300 та вибір модулів	19
2.3 Розробка структурної схеми автоматизації	27
2.4 Застосування промислової мережі Industrial Ethernet для керування технологічними процесами	28
3 Розробка програмного забезпечення для керуючого контролера	31
3.1 Алгоритм роботи керуючого контролера	31
3.2 Створення проекту та конфігурація контролера	34
3.3 Розробка керуючої програми	38
3.4 Відладка ПЗ та емуляція роботи робочого контролера	41
4 Розробка SCADA – системи керування	49
4.1 Створення проекту та початкова конфігурація	50
4.2 Розробка людино-машинного інтерфейсу (НМІ)	52
4.3 Взаємодія оператора з панеллю керування системою	54
5 Конструкторська частина	59
5.1 Розробка монтажною схемою щита автоматики	59
5.2 Розробка схеми зовнішніх з'єднань	60
5.3 Розробка ескізу щита автоматики	61
6 Охорона праці	63
6.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	63
6.2 Огляд визначених виробничих факторів	64
Висновки	76
Список використаних джерел	78
Додатки	81
Додаток А – Функціональна схема автоматизації	81
Додаток Б – Монтажна схема щита автоматики	82
Додаток В – Схема зовнішніх з'єднань	83
Додаток Г – Ескіз щита автоматики	84
Додаток Д – Лістинг програми керуючого контролера	85

					Автоматизована система управління бетоноукладачем		
			Підпис	Дата			
Розробив	Кокусяк К.Н				Ліг	Арк.	Аркушів
Перевірив	Луценко В.Ю				4	90	
Н. Контр.					Зміст		
Затвердив					КНУБА, АКІТс-22		

Вступ

У сучасних умовах виробництва будівельних матеріалів автоматизація технологічних процесів є ключовим чинником підвищення ефективності, якості та безпеки виробництва. Формування багатопустотних бетонних виробів є одним із відповідальних етапів у виготовленні збірних залізобетонних конструкцій. Впровадження систем автоматизованого керування дозволяє забезпечити стабільність параметрів процесу, знизити вплив людського фактора, підвищити продуктивність і зменшити витрати на обслуговування обладнання. Актуальність розробки полягає в необхідності модернізації та автоматизації існуючих виробничих дільниць, які досі використовують застарілі ручні методи керування, що не відповідають сучасним вимогам до точності, безпеки та економічної доцільності.

Мета роботи полягає в розробці низки заходів з автоматизації управління обладнанням існуючої системи, яка має повністю ручне керування, з метою підвищення ефективності, надійності та зменшення витрат часу на проведення технологічного процесу формування бетонних плит перекриття.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Провести аналіз технологічного процесу та розробити алгоритм роботи системи керування.
- Провести огляд та обґрунтування вибору засобів автоматизації, розробити структурну та функціональну схеми АСУТП.
- Розробити програмне забезпечення нижнього рівня системи автоматизації та провести його тестування.
- Розробити SCADA – систему для автоматизованого керування обладнанням для формування багатопустотних залізобетонних виробів.
- Розробити креслення схем автоматизації.

У вступі визначено актуальність розробки, сформульовано мету та задачі.

У розділі I виконано аналіз технологічного процесу виготовлення багатопустотних плит, наведено його опис та алгоритм керування обладнанням.

У розділі II обґрунтовано та вибрано технічні засоби автоматизації, необхідні для вирішення поставлених задач.

У розділі III розроблено програмне забезпечення для контролера керування, яке реалізує логіку роботи системи.

У розділі IV розроблено SCADA – систему, що реалізує людинно-машинний інтерфейс для керування технологічним обладнанням з функціями фіксації та обробки аварійних ситуацій.

У розділі V виконано креслення схем автоматизації, які деталізують побудову системи.

У розділі VI розглянуто основні питання техніки безпеки, що виникають при експлуатації автоматизованих систем.

						Арк.
						5
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1

					Автоматизована система управління бетоноукладачем			
			Підпис	Дата				
Розробив					Аналіз технологічного процесу	Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив							6	
Н. Контр.						КНУБА, АКІТс-22		
Затвердив								

1 Аналіз технологічного процесу

1.1 Загальний огляд процесу виготовлення багатопустотних залізобетонних плит

Виробництво плит перекриття є важливим етапом у будівництві будівель і споруд. Залізобетонні плити широко застосовуються в будівництві як у житловому, так і в комерційному та промисловому секторах завдяки своїй міцності, довговічності та відносній легкості монтажу.

Процес виготовлення залізобетонних плит вимагає точної формовки та заливання бетоном, що може бути трудомістким і схильним до людських помилок. У зв'язку з цим автоматизовані системи для формування та заливання залізобетонних плит стають дедалі більш затребуваними в будівельній галузі.

Однією з основних переваг застосування автоматизованих систем є підвищення продуктивності процесу виробництва залізобетонних плит. Автоматизація дозволяє прискорити процес формування та заливання, скоротити час на підготовку матеріалів і мінімізувати ручну працю. Впровадження автоматизації також сприяє зниженню витрат на робочу силу та підвищує ефективність виробництва. Автоматизовані системи забезпечують високу точність і якість виготовлених залізобетонних плит. Завдяки використанню програмного забезпечення та сучасних технологій контролю процесу вдається досягти однорідності розмірів, гладкої поверхні та мінімальної кількості дефектів, що підвищує надійність і довговічність готової продукції, а також зменшує кількість браку.

Ще одним важливим аспектом застосування автоматизованих систем є підвищення безпеки праці. Автоматизація зменшує ризик травмування персоналу, пов'язаного з ручною роботою, з важкими матеріалами та обладнанням. Це сприяє створенню комфортніших умов праці працівників і знижує ймовірність виробничих нещасних випадків.

Існує кілька основних способів виготовлення залізобетонних багатопустотних плит перекриття, кожен з яких має свої особливості та переваги.

1. Опалубний метод

Цей традиційний спосіб передбачає використання металевої або дерев'яної опалубки, в яку встановлюється арматурний каркас. Після цього форму заливають бетонною сумішшю, що ущільнюється за допомогою вібрації. Після твердіння бетону форму знімають, і отримують готову плиту. Цей метод дозволяє виготовляти плити довжиною до 12 метрів.

						Арк.
						7
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Безопалубний метод (екструзійний)

У цьому методі плити виготовляються без використання традиційної опалубки. Бетонна суміш подається на спеціальну виробничу доріжку, де за допомогою екструзійної машини формується безперервна стрічка плити з необхідними пустотами. Після твердіння стрічку розрізають на плити потрібної довжини. Цей метод дозволяє виготовляти плити довжиною до 20 метрів.

3. Стендова технологія

Цей метод передбачає виготовлення плит на спеціальних стендах. На стенді встановлюється арматурний каркас, після чого заливається бетонна суміш. Після твердіння плити знімаються зі стенду. Цей метод забезпечує високу точність геометричних розмірів плит.

У даній роботі розглядається опалубний метод виготовлення залізобетонних багатопустотних плит перекриття з використанням віброуцільнення. Цей метод є одним із найпоширеніших у сучасному будівництві, оскільки забезпечує високу якість виробів, їхню міцність та довговічність.

Загальний технологічний процес виготовлення залізобетонних плит опалубним методом включає декілька основних етапів:

1. Підготовка форм: Форми очищуються та змащуються спеціальними складами для запобігання прилипання бетону.
2. Укладання арматури: Встановлюється арматурний каркас відповідно до проектної документації.
3. Подача бетонної суміші: Бетонна суміш готується у бетонозмішувачах і подається до форм за допомогою бетоноукладачів.
4. Віброуцільнення: Бетон ущільнюється за допомогою вібраційного обладнання, що забезпечує однорідність і щільність матеріалу.
5. Теплова обробка: Для прискорення процесу твердіння вироби проходять теплову обробку у спеціальних камерах пропарювання.
6. Розпалубка та контроль якості: Після досягнення необхідної міцності вироби виймаються з форм і проходять обов'язковий контроль якості.

						Арк.
						8
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технологічного процесу формування залізобетонних плит

У роботі розглядається саме процес формування залізобетонних плит перекриття. Схему лінії формування представлено на рисунку 1.1. Алгоритм роботи системи наведено нижче:

Робота бетоноукладача розпочинається, коли він знаходиться у початковому положенні. За цієї умови відбувається пуск двигуна приводу бетоноукладача. Двигун приводу забезпечує поступальний рух бетоноукладача у напрямку робочої зони. Бетоноукладач зупиняється за умови досягнення робочого положення. У цьому положенні бетоноукладача може відбуватися подача готової бетонної суміші у форму.

Наступним етапом є подача формувальної машини. подача формувальної машини здійснюється з початкового положення. Формувальна машина приводиться в рух за допомогою електродвигуна. подача формувальної машини до робочої зони здійснюється до моменту досягнення робочого положення.

Наступним кроком є ввімкнення двигуна приводу та механізму живильника бетоноукладача. Відзначимо, що вмикання двигунів відбувається за умови розташування бетоноукладача у робочому положенні. На цьому етапі здійснюється укладання бетонної суміші у форму, цей процес завершується, коли бетоноукладач доходить до кінця форми.

Після заповнення бетонною сумішшю форми, на заданий час вмикається віброустановка формувальної машини, робота якої забезпечує ущільнення нижнього шару бетонної суміші.

Після завершення процесу ущільнення здійснюється повернення бетоноукладача у його початкове положення, для цього запускається двигун приводу у реверсному напрямку. Рух бетоноукладача завершується в момент його встановлення у початкове положення.

На наступному етапі здійснюється подача самохідного порталу в положення, при якому віброштит суміщено з формою, що дозволяє задіяти його для ущільнення верхнього шару бетонної суміші. подачу самохідного порталу забезпечує електродвигун. Умовою початку руху є розташування самохідного порталу у початковому положенні. При досягненні робочого положення двигун приводу самохідного порталу зупиняється. У цьому положенні вмикається двигун, що приводить у рух лебідку, за допомогою якої здійснюється опускання віброшрита на поверхню заповненої бетонною сумішшю форми. Час роботи лебідки задається програмно.

Наступним кроком є ущільнення верхнього шару бетонної суміші. З цією метою на заданий час вмикається віброщит.

Після завершення процесу ущільнення відбувається повернення формувальної машини в її початкове положення, для цього двигун приводу вмикається у реверсному режимі. Умовою зупинки формувальної машини є досягнення нею початкового положення.

Після завершення цієї операції відбувається підйом віброщита, для цього двигун лебідки вмикається на заданий час у реверсному режимі, підіймаючи віброщит.

На останньому етапі відбувається переміщення самохідного порталу в його початкове положення. З цією метою двигун приводу самохідного порталу вмикається у реверсному режимі. Умовою зупинки є досягнення ним початкового положення.

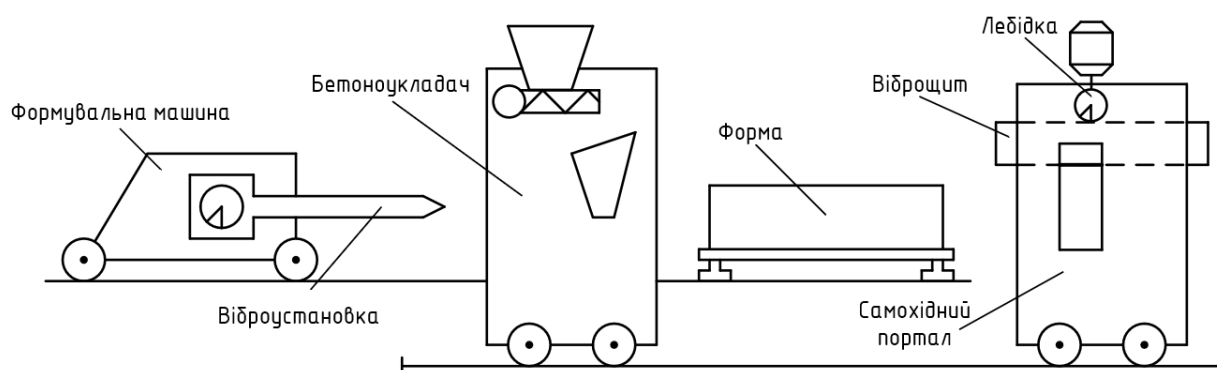


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення системи формування багатопустотних залізобетонних плит

Для вибору засобів автоматизації у роботі за основу взято комплект обладнання типу СМЖ. Комплект обладнання лінії типу СМЖ (рис. 1.2) складається з формувальної машини, бетонуукладача, самохідного порталу та опор формувального та підготовчого постів.

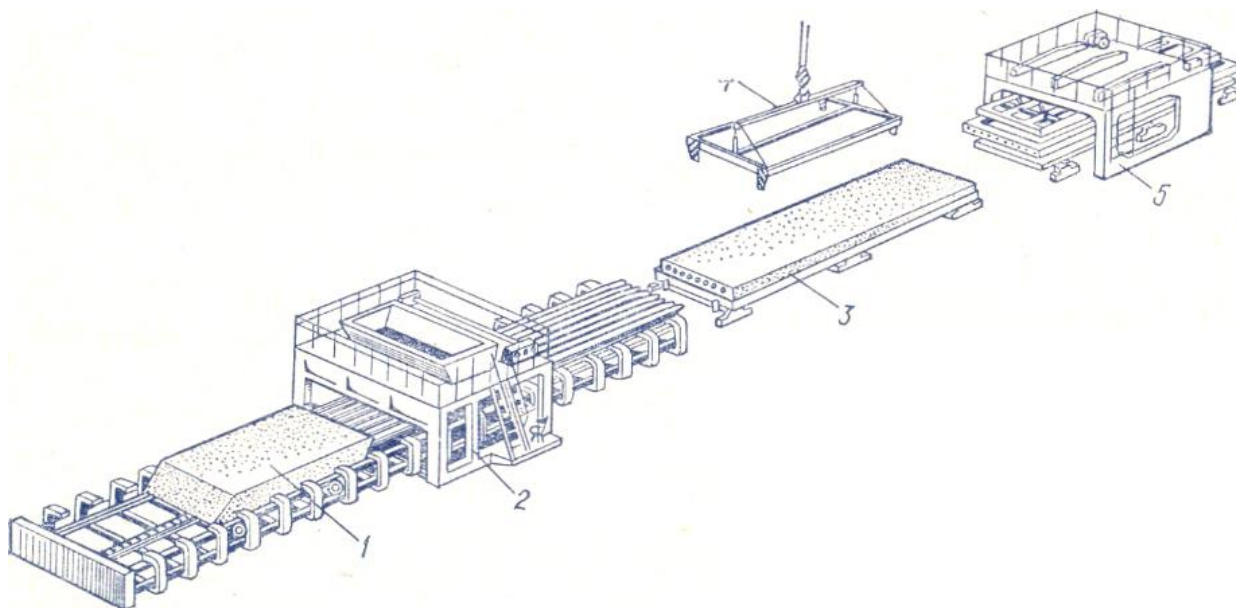


Рисунок 1.2 – Комплект обладнання для формування багатопустотних плит
 1 – формувальна машина СМЖ-227, 2 – бетоноукладач СМЖ-69, 3 – піддон,
 4 – автоматичний захват, 5 – самохідний портал СМЖ-228

1. Формувальна машина СМЖ-227

Формувальна машина СМЖ-227 складається із каретки з вібропорожниноутворювачами, переміщення якої здійснюється за допомогою приводу з електродвигуном. Каретка являє собою зварну раму з ходовими колесами, яка переміщується по колії. На передній балці рами розташовано кронштейни для закріплення вкладишів, виготовлених з металевих труб з конусоподібними кінцями для точного суміщення з отворами у торцевому борту оснастки. Живлення електродвигунів каретки забезпечується за допомогою підвісного кабелю, розміщеного всередині станини.

Загальні технічні характеристики формувальної машини СМЖ-227:
 максимальні габаритні розміри плити (Д×Ш×В): 6280×1590×220мм;
 габаритні розміри формувальної машини (Д×Ш×В): 12540×2330×994мм;
 потужність двигуна приводу: 13кВт;
 загальна потужність двигунів віброустановки: 20кВт;
 загальна маса машини: 9450кг.

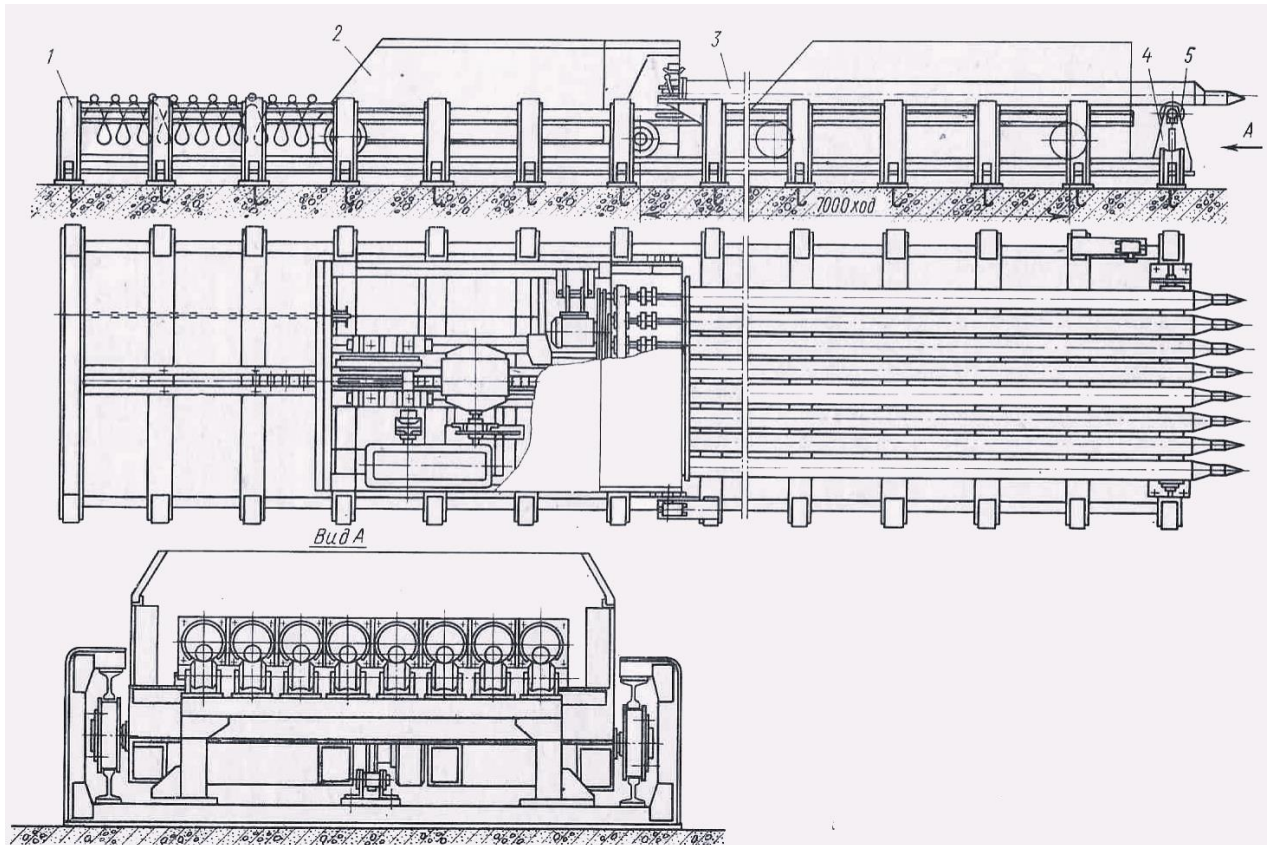


Рисунок 1.3 – Формувальна машина СМЖ-227

1 – станина, 2 – каретка, 3 – віброрядиші, 4 – опорна стійка, 5 - ролики

2. Бетоноукладач СМЖ-69

Бетоноукладач СМЖ-69 складається з сталюї зварної рами порталного типу, на якій знаходиться бункер з бетонною сумішшю та механізм живильника, який складається з приводних барабанів, транспортної стрічки та заслінки, яка працює від пневмоциліндра, що закриває вихідний отвір бункера. Живлення подається через підвісний кабель.

Загальні технічні характеристики бетоноукладача СМЖ-69:

найбільша ширина виробу: 1800мм;

об'єм бункера: 2,68м³;

ширина колії: 2800мм;

габаритні розміри бетоноукладача (Д×Ш×В): 2440×3896×2995мм;

загальна маса машини: 4900кг;

потужність двигунів системи подачі бетону: 5,5кВт;

потужність двигуна приводу 4,5кВт.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.4 – Бетоноукладач СМЖ-69

3. Самохідний портал СМЖ-228

Самохідний портал СМЖ-228 з віброщитом служить для установки на укладену у форму та частково ущільнену формувальною машиною суміш віброщита для ущільнення верхнього шару суміші.

Самохідний портал складається з рами, яка переміщується на чотирьох колесах, два з яких ходові по тій самій колії, що й бетоноукладач, та віброщита, який являє собою сталеву раму, закриту зверху та знизу сталевими листами, що підіймається та опускається за допомогою спеціального приводу. Зверху на щиті розташовані у два ряди вісім вібраторів типу ІВ-70.

Загальні технічні характеристики самохідного порталу СМЖ-228:

габаритні розміри самохідного порталу (Д×Ш×В): 4300×4220×3100мм;

загальна маса машини: 7120кг;

потужність двигунів віброщита: 4,4кВт;

потужність двигуна приводу: 5,5кВт;

потужність двигуна приводу підйому та опускання щита: 4,5кВт.



Рисунок 1.5 – Самохідний портал СМЖ-228Б

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

1.3 Постановка задачі проєктування

Постановка задачі проєктування полягає у розробці автоматизованої системи керування процесом формування залізобетонних багатопустотних плит з метою підвищення ефективності виробництва, покращення якості продукції, зниження впливу людського фактора та забезпечення стабільності технологічного процесу. Впровадження автоматизації дозволяє оптимізувати керування обладнанням, зменшити витрати на обслуговування, покращити безпеку та забезпечити гнучкість у налаштуванні параметрів виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно здійснити вибір оптимальних технічних засобів автоматизації з урахуванням вимог до функціональності та масштабованості системи. Особливу увагу слід приділити вибору програмованого логічного контролера, пристроїв вводу/виводу, модулів комунікації, а також панелі оператора для візуалізації та керування процесом.

Розробити програмне забезпечення для контролера керування, яке реалізуватиме логіку технологічного процесу: від обробки сигналів з датчиків і кнопок до видачі команд виконавчим механізмам, забезпечення безперервності процесу та фіксації аварійних ситуацій. Логіка має враховувати умови безпеки, черговість виконання операцій та можливість ручного втручання у разі потреби.

Розробити SCADA-систему з НМІ-інтерфейсом, яка забезпечуватиме зручний візуальний контроль за роботою системи, відображатиме оператору основні параметри, вести журнал аварійних подій, а також фіксувати критичні ситуації для подальшого аналізу.

Розробити комплект технічної документації: функціональну схему автоматизації, схему монтажну щита автоматики, схему зовнішніх з'єднань, ескіз щита автоматики.

1.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На функціональній схемі автоматизації схематично умовними позначеннями зображено технологічне устаткування та засоби автоматизації. Умовні позначення приладів та засобів автоматизації, що застосовуються у схемі, включають графічні, літерні та цифрові позначення. У верхній частині креслення зображена технологічна схема з устаткуванням та умовні графічні позначення пристроїв, що під'єднані до них, а в нижній частині зображено встановлені прилади на щиті, на пульті оператора, по місцю, з'єднання пристроїв автоматизації та тип каналу підключення до контролера (вхід/вихід) і тип сигналу (цифровий/аналоговий). Функціональна схема автоматизації представлена у додатку А.

Умовні позначення технологічного устаткування на схемі:

ФМ – формувальна машина з віброустановкою (ВУ).

М1 – двигуни віброустановки формувальної машини.

М2 – двигун приводу формувальної машини.

БУ – бетоноукладач з бункером (Б) для бетонної суміші та механізмом живильника (МЖ).

М3 – двигун приводу механізму живильника.

М4 – двигун приводу бетоноукладача.

Ф – форма, яка задає контури виробу.

СП – самохідний портал з віброштитом (ВЩ), що опускається та піднімається за допомогою лебідки.

М5 – двигун приводу лебідки.

М6 – двигуни вібраторів віброшита.

М7 – двигун приводу самохідного порталу.

Умовні позначення технічних засобів автоматизації:

КМ1 – магнітний пускач віброустановки формувальної машини.

КМ2, КМ3 – магнітні пускачі для керування двигуном формувальної машини.

КМ4 – магнітний пускач двигуна живильника.

КМ5, КМ6 – магнітні пускачі для керування двигуном бетоноукладача.

КМ7, КМ8 – магнітні пускачі для керування приводом лебідки.

КМ9 – магнітний пускач віброшита самохідного порталу.

КМ10, КМ11 – магнітні пускачі для керування двигуном самохідного порталу.

GE1, GE3 – датчики положення формувальної машини.

GE2, GE4, GE6 – датчики положення бетоноукладача.

GE5, GE7 – датчики положення самохідного порталу.

Розділ 2

					Автоматизована система управління бетоноукладачем			
			Підпис	Дата				
Розробив					Обґрунтування та вибір технічних засобів автоматизації	Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив							16	
Н. Контр.						КНУБА, АКІТс-22		
Затвердив								

2 Обґрунтування та вибір технічних засобів автоматизації

2.1 Вибір програмованого логічного контролера (ПЛК)

Сучасний ринок контролерів та програмно-технічних комплексів дуже різноманітний. При виборі ПЛК для систем управління основним завданням є найбільш повне задоволення технічних вимог на розробку автоматизованої системи, вимоги до інформаційних, керуючих та допоміжних функцій. Вибір правильного програмованого логічного контролера має вирішальне значення для забезпечення надійності та ефективності всієї системи автоматизації. Тому важливо виділити їх основні характеристики та властивості, на підставі яких можна зробити вибір при побудові систем керування.

- **Кількість входів/виходів (I/O):** найбільш важливим параметром є кількість каналів введення/виводу. Цей параметр визначається кількістю датчиків та виконавчих механізмів.
- **Тип входів/виходів:** в залежності від того, які типи сигналів використовують пристрої автоматики, обирається тип входів/виходів ПЛК (аналогові, цифрові).
- **Можливість розширення:** підтримка модулів розширення для масштабування системи.
- **Швидкість роботи:** час циклу опитування входів/виходів і виконання програм.
- **Пам'ять:** обсяг пам'яті для зберігання програми, даних і журналів.
- **Інтерфейси:** підтримка Ethernet, RS-232/485, CAN, Profibus, Modbus, або інших протоколів.
- **Мережеві можливості:** інтеграція з локальними мережами, SCADA-системами, хмарними платформами.
- **Економічні аспекти:** баланс між ціною обладнання, програмного забезпечення та вартістю обслуговування, ціна/функціонал. Доступність сервісу, документації, навчальних матеріалів.

Після детального аналізу ринку програмованих логічних контролерів (ПЛК) та особливостей технологічного процесу формування багатопустотних бетонних плит, для реалізації автоматизованої системи управління було обрано контролер SIMATIC S7-300 від компанії Siemens. Основними факторами вибору саме цього контролера стала його висока надійність, модульна структура, гнучкість у конфігуруванні та широка підтримка з боку програмного забезпечення SIMATIC STEP 7.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

Його архітектура дозволяє легко адаптуватися до змін у структурі системи, що є особливо важливим для складних та багатоступневих виробничих процесів.

S7-300 підтримує модульну структуру, що дозволяє безперешкодно нарощувати кількість I/O у разі потреби. Це робить систему гнучкою та масштабованою — її легко адаптувати до нових вимог або змін у технологічному процесі. Щодо швидкодії, контролер S7-300 демонструє високу продуктивність і здатний обробляти логічні операції з мінімальною затримкою. Це дозволяє забезпечити точну синхронізацію всіх етапів роботи обладнання. Об'єм оперативної та флеш-пам'яті, доступний у контролерах цієї серії, дозволяє зберігати достатню кількість програмних блоків і даних для реалізації складної логіки управління без потреби у зовнішніх запам'ятовуючих пристроях.

S7-300 оснащений широким набором інтерфейсів — від MPI (Multi Point Interface) до PROFIBUS і Industrial Ethernet. Це дозволяє реалізовувати інтеграцію з іншими пристроями, зокрема з панелями оператора, модулями розширення та зовнішніми системами вищого рівня. Його мережеві можливості забезпечують стабільний і швидкий обмін даними в реальному часі, що критично важливо для автоматизованих систем керування з великою кількістю учасників процесу.

З економічної точки зору, контролер SIMATIC S7-300 є оптимальним вибором завдяки співвідношенню ціни та функціональності. Хоча його вартість дещо вища за деякі аналоги, але він забезпечує тривалий термін служби, мінімальні витрати на обслуговування та велику кількість готових бібліотек і рішень, що значно скорочує час і витрати на розробку програмного забезпечення. Таким чином, вибір контролера SIMATIC S7-300 є технічно та економічно обґрунтованим для даного проекту.

У порівнянні з аналогами інших виробників, зокрема контролерами серії Allen-Bradley MicroLogix (Rockwell Automation) чи Mitsubishi FX, S7-300 має кращу масштабованість і підтримку складних мережевих архітектур.

Наприклад, контролери MicroLogix добре підходять для простих задач і мають зручну інтеграцію з середовищем RSLogix, однак обмежені у варіантах розширення й менш гнучкі при модернізації системи. Mitsubishi FX-серія вирізняється компактністю й високою швидкістю обробки команд, однак програє S7-300 у плані інтеграції з HMI-панелями та сумісності з різними типами модулів.

Ще однією вагомою перевагою SIMATIC S7-300 є підтримка емулятора PLCSIM, який дає змогу відлагодити програмне забезпечення без потреби в підключенні фізичного контролера.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Це суттєво спрощує тестування та скорочує час розробки. Крім того, Siemens має розгалужену технічну підтримку, велику спільноту користувачів та багаторічний досвід використання своїх рішень у промисловості, що робить вибір S7-300 логічним та обґрунтованим кроком для реалізації системи автоматизації даного типу.

2.2 Опис контролера Simatic S7-300 та вибір модулів

SIMATIC S7-300 - сімейство контролерів середньої продуктивності для вирішення завдань автоматичного керування низького та середнього ступеня складності концерну Siemens AG із сімейства систем автоматизації SIMATIC S7. У лінійці контролерів цього сімейства за своєю продуктивністю займає проміжне положення між сімействами S7-200 та S7-400. Кількість підтримуваних входів та виходів до 65536 дискретних/4096 аналогових каналів. Конструкція контролера модульна, модулі монтуються на профільній шині (рейці).



Рисунок 2.1 – зовнішній вигляд ПЛК Simatic S7-300

Основні особливості контролера:

- застосування локального та розподіленого введення-виводу;
- можливості комунікацій мереж MPI, Profibus Industrial Ethernet/PROFINET, AS-i, BACnet, MODBUS TCP;
- підтримка на рівні операційної системи функцій, які забезпечують роботу у часі;
- підтримка на рівні операційної системи апаратних переривань;
- підтримка на рівні операційної системи обробки апаратних та програмних помилок;
- вільне нарощування можливостей під час модернізації системи;
- можливість використання розподілених структур вводу-виводу та просте включення до різних типів промислових мереж.

Контролери SIMATIC S7-300 мають модульну конструкцію та можуть включати до свого складу:

- Модуль центрального процесора (CPU). Залежно від ступеня складності завдання в контролерах можуть бути використані різні типи центральних процесорів, що відрізняються продуктивністю, обсягом пам'яті, наявністю або відсутністю вбудованих входів-виходів та спеціальних функцій, кількістю та видом вбудованих комунікаційних інтерфейсів тощо.

- Модулі блоків живлення (PS), що забезпечують можливість живлення контролера від мережі змінного струму напругою 120/230В або джерела постійного струму напругою 24/48/60/110В.

- Сигнальні модулі (SM), призначені для введення-виведення дискретних та аналогових сигналів з різними електричними та часовими параметрами.

- Комунікаційні процесори (CP) для підключення до мереж PROFIBUS, Industrial Ethernet, PROFINet, AS-i, BACnet, MODBUS TCP.

- Інтерфейсні модулі (IM), що забезпечують можливість підключення до базового блоку (CPU) стійок розширення вводу-виводу. Контролери SIMATIC S7-300 дозволяють використовувати у своєму складі до 32 сигнальних та функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, розподілених за 4 монтажними стійками. Усі модулі працюють із пасивним охолодженням.

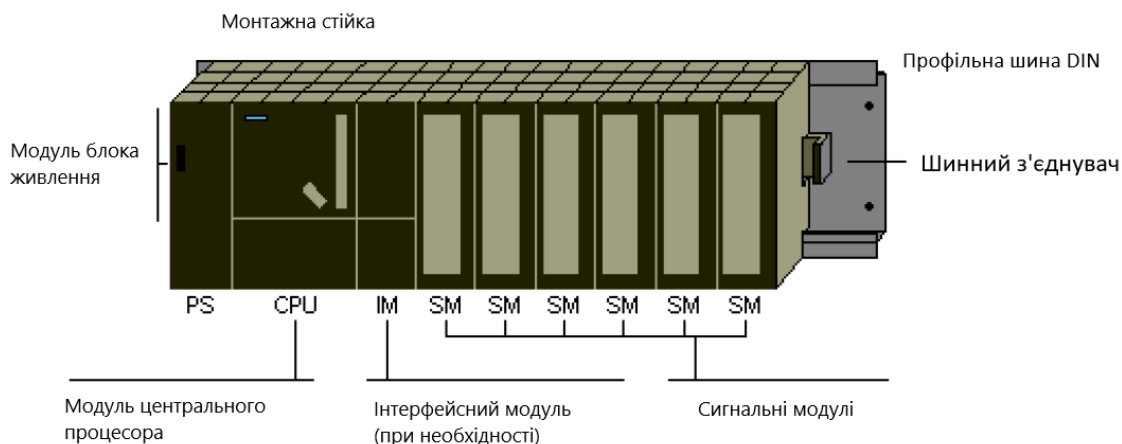


Рисунок 2.2 – модулі контролера S7-300

Вибір модулів програмованого логічного контролера

Процесорний блок CPU312

Основним елементом системи є центральний процесор CPU 312. Цей модуль має достатню обчислювальну потужність для реалізації логіки управління об'єктом середньої складності, а також підтримує роботу з модулями розширення та забезпечує стабільну і надійну обробку сигналів у реальному часі.

Технічні характеристики:

напруга живлення: 24В;

номінальний струм споживання: 650 мА;

об'єм робочої пам'яті: 32 кБ;

завантажувана пам'ять: знімна мікрокарта пам'яті (макс. 8МБ);

вбудований інтерфейс: RS485;

протокол інтерфейсу: MPI;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 40×125×120мм.



Рисунок 2.3 – зовнішній вигляд процесорного блоку

Блок живлення SIMATIC PS307/1AC/24VDC/5A

Для живлення системи використовується модуль PS307/1AC/24VDC/5A, який забезпечує стабільну подачу постійної напруги 24 В на всі модулі контролера та зовнішні виконавчі елементи. Даний модуль має достатній струмовий резерв для забезпечення живлення як самої ПЛК, так і підключених датчиків та виконавчих механізмів.

Технічні характеристики:

вхідна напруга: 110В/220В;

вихідна напруга: 24В;

потужність: 120Вт;

максимальний струм споживання: 5А;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 60×125×120мм.

					Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	21



Рисунок 2.4 – зовнішній вигляд блока живлення

Модуль входів/виходів SM 323

Для підключення польових сигналів, таких як датчики та виконавчі пристрої, було використано модуль дискретних входів/виходів SM 323.

Технічні характеристики:

робоча напруга: 24В;

кількість входів: 16;

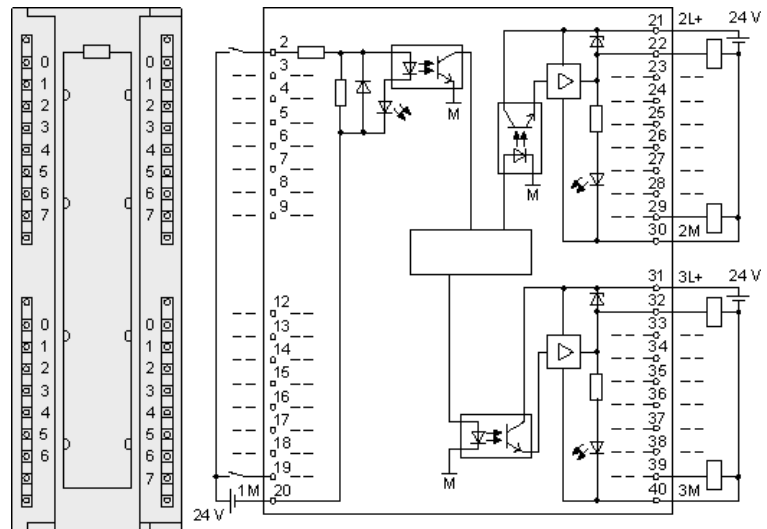
кількість виходів: 16;

тип входів/виходів: дискретні;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 40×125×120мм.



а)



б)

Рисунок 2.5 – модуль входів/виходів SM 323

а) зовнішній вигляд модуля; б) схема підключення входів/виходів;

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Модуль комунікаційного процесора CP 343-1

Вибір комунікаційного процесора CP343-1 було зумовлено необхідністю забезпечення надійного та високошвидкісного обміну даними між контролером SIMATIC S7-300 та панельлю оператора автоматизованої системи через мережу Industrial Ethernet.

Технічні характеристики:

напруга живлення: 24В;

інтерфейс: RJ45;

протокол передачі даних: Industrial Ethernet;

швидкість передачі даних: до 100Мбіт/с;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 40×125×120мм.



Рисунок 2.6 – зовнішній вигляд модуля CP 343-1

Вибір технічних засобів автоматизації

Для зручності роботи із засобами автоматизації було прийнято рішення обрати основні засоби автоматизації того ж самого виробника, який виготовляє попередньо обраний контролер — компанії Siemens. Такий підхід забезпечує повну сумісність обладнання, спрощує процес інтеграції, налаштування та обслуговування систем.

При виборі магнітних пускачів було враховано теоретичну потужність двигунів технологічного устаткування їх тип та номінальну напругу роботи двигунів

**Магнітний пускач SIEMENS 3RT2018-1BB41
(KM4, KM9)**

Технічні характеристики:

максимальна потужність навантаження: 7,5кВт;

максимальна напруга навантаження 400В;

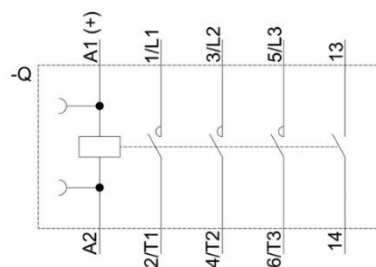
кількість контактів: 3НВ + 1НВ;

номінальна напруга керування: 24В;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 45×57,5×73мм.



а)



б)

Рисунок 2.7 - магнітний пускач SIEMENS 3RT2018-1BB41

а) зовнішній вигляд; б) схема контактів пускача;

**Магнітний пускач SIEMENS 3RT2018-1BB42
(KM5, KM6, KM7, KM8, KM10, KM11)**

Технічні характеристики:

максимальна потужність навантаження: 7,5кВт;

максимальна напруга навантаження 400В;

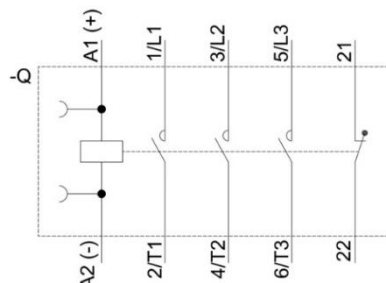
кількість контактів: 3НВ + 1НЗ;

номінальна напруга керування: 24В;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 45×57,5×73мм.



а)



б)

Рисунок 2.8 - магнітний пускач SIEMENS 3RT2018-1BB42

а) зовнішній вигляд; б) схема контактів пускача;

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Магнітний пускач SIEMENS 3RT2027-1BB40

(KM2, KM3)

Технічні характеристики:

максимальна потужність навантаження: 15кВт;

максимальна напруга навантаження 400В;

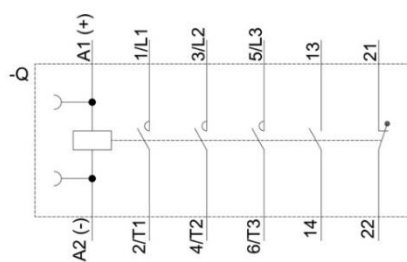
кількість контактів: 3НВ + 1НВ + 1НЗ;

номінальна напруга керування: 24В;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 45×85×107мм.



а)



б)

Рисунок 2.9 - магнітний пускач SIEMENS 3RT2027-1BB40

а) зовнішній вигляд; б) схема контактів пускача;

Магнітний пускач SIEMENS 3RT2036-1KB40

(KM1)

Технічні характеристики:

максимальна потужність навантаження: 22кВт;

максимальна напруга навантаження 400В;

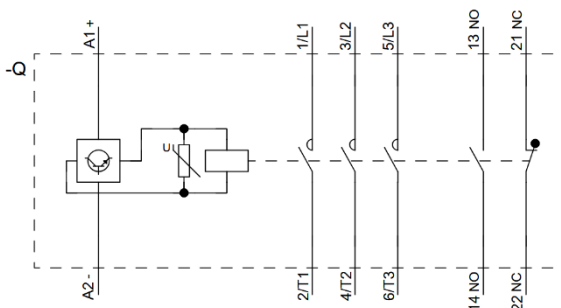
кількість контактів: 3НВ + 1НВ + 1НЗ;

номінальна напруга керування: 24В;

габаритні розміри (Ш×В×Г): 55×113,4×130мм.



а)



б)

Рисунок 2.10 - магнітний пускач SIEMENS 3RT2036-1KB40

а) зовнішній вигляд; б) схема контактів пускача;

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

**Кінцевий вимикач SIEMENS 3SE5112-0BE01
(GE1 - GE7)**

Технічні характеристики:

мінімальна сила для спрацювання: 10Н;

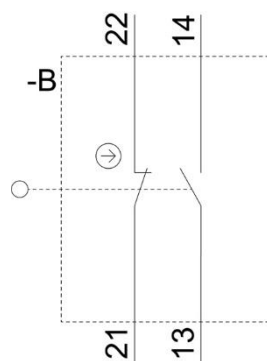
номінальний струм при напрузі 24В: 3А;

кількість робочих циклів (середнє значення): 15 000 000;

кількість контактів: 1НВ + 1НЗ.



а)



б)

Рисунок 2.11 - кінцевий вимикач SIEMENS 3SE5112-0BE01

а) зовнішній вигляд; б) схема контактів датчика;

Вибір панелі керування оператора

Операторська панель HMI MP277

Ця панель належить до серії пристроїв середнього класу від Siemens і забезпечує зручне та інтуїтивно зрозуміле керування за допомогою сенсорного інтерфейсу. Завдяки 10-дюймовому дисплею з високою роздільною здатністю вона дозволяє відображати велику кількість інформації на одному екрані, що підвищує ефективність роботи персоналу та знижує ймовірність помилок під час експлуатації.

MP277 має розвинені комунікаційні можливості — вона оснащена інтерфейсами MPI/DP, PROFIBUS, а також Ethernet (Industrial Ethernet), що дає змогу легко інтегрувати її до системи автоматизації з використанням контролера SIMATIC S7-300 та комунікаційного процесора CP343-1. Підтримка стандартів HMI забезпечує стабільну роботу панелі в складі великої кількості типових конфігурацій систем керування, а також дає змогу ефективно використовувати середовище розробки WinCC flexible 2008 для налаштування інтерфейсу користувача.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Використання MP277 у проєкті є цілком обґрунтованим, оскільки дана модель добре зарекомендувала себе в промислових умовах та має високу надійність, перевірену роками експлуатації. Крім того, її функціональні можливості повністю покривають вимоги проєкту, включаючи виведення аварій, індикацію станів, введення команд оператором, візуалізацію технологічного процесу та діагностику системи. Сумісність з іншими компонентами автоматизації Siemens дозволяє зменшити витрати часу на інтеграцію та забезпечити стабільну роботу всієї системи в цілому.



Рисунок 2.12 - Операторська панель НМІ MP277

2.3 Розробка структурної схеми автоматизації

Структурна схема (рис 2.13) являє собою 3-х рівневу систему: на першому рівні знаходяться кнопки керування, датчики положення обладнання та виконавчі механізми – магнітні пускачі, що підключаються до дискретних входів та виходів модуля SM323;

на другому рівні розташовано програмований логічний контролер, що складається з модуля блока живлення PS307, процесорного модуля CPU312, комунікаційного модуля CP343-1, модуля дискретних входів/виходів SM323. Модулі з'єднані між собою за допомогою шини, яка знаходиться на задній стороні модулів;

на третьому рівні знаходиться панель керування системою MP277 з людино–машинним інтерфейсом. Панель забезпечує відображення даних про систему у реальному часі та дозволяє оператору здійснювати запуск та зупинку системи.

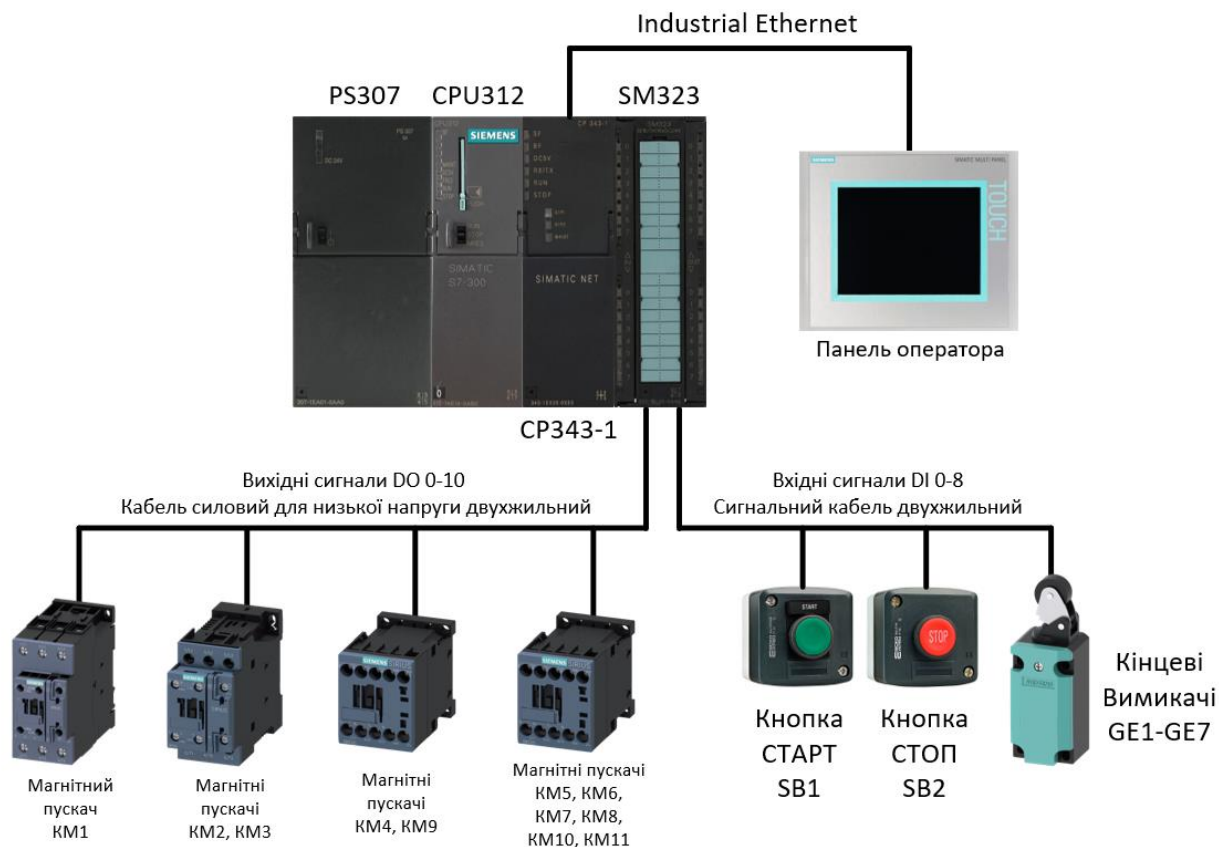


Рисунок 2.13 – Структурна схема системи автоматизації

2.4 Застосування промислової мережі Industrial Ethernet для керування технологічними процесами

Industrial Ethernet (промисловий Ethernet) — це назва стандартизованого варіанту мережевого протоколу Ethernet, адаптованого з метою застосування у промислових умовах для автоматизації та керування технологічними процесами.

У цьому стандарті застосовано низку модифікацій з метою адаптації Ethernet-протоколу для потреб виробничих процесів, щоб забезпечити керування процесами у реальному часі. Останнім часом є одним з найпопулярніших протоколів на базі якого будуються промислові мережі.

З використанням цього протоколу можуть бути сполучені і забезпечувати інформаційну взаємодію засоби автоматизації для різних етапів технологічного процесу та від різних виробників. Промисловий Ethernet зазвичай використовується для обміну даними між програмованими контролерами та системами людино-машинного інтерфейсу, рідше для обміну даними між

контролерами і значно рідше, для підключення до контролерів віддаленого обладнання (давачів чи виконавчих механізмів).

Компоненти, що працюють за протоколом Industrial Ethernet, повинні бути адаптовані для роботи в суворих умовах екстремальних температур, вологості та вібрацій, які перевищують діапазони для ІТ-обладнання, призначеного для встановлення в контрольованих умовах.

Устаткування для промислового Ethernet обов'язково повинно пройти випробування на електромагнітну сумісність відповідно до вимог ІЕС 61000-4, ІЕЕЕ С37.90. Випробування на вібрацію ІЕС 60255-21 і захист від попадання вологи чи сторонніх часток ІЕС 60529, NEMA 6 (IP67) і т. д.

У залежності від вимог, що ставляться до мережі Industrial Ethernet, для передачі даних можуть використовуватися різні види каналів зв'язку.

Канали зв'язку на основі витих пар – використовуються вита пара, яка може бути екранованою та не екранованою та конектори RJ45 або з'єднувачі D-типу.

Оптичні канали зв'язку - використовуються оптоволоконний кабель з обладнанням для перетворення сигналу. Оптичні канали не зазнають впливу електромагнітних завад.

Бездротові канали зв'язку - використовуються для побудови локальних обчислювальних мереж, що працюють в частотному діапазоні 2.4 ГГц. Доступ через бездротові канали до локальної мережі Industrial Ethernet здійснюється через модулі RLM (Radio Link Module).

Розділ 3

					Автоматизована система управління бетоноукладачем			
			Підпис	Дата				
Розробив					Розробка програмного забезпечення для керуючого контролера	Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив							30	
Н. Контр.								
Затвердив								
						КНУБА, АКІТс-22		

3 Розробка програмного забезпечення для керуючого контролера

3.1 Алгоритм роботи керуючого контролера

Для зручності розробки програмного забезпечення алгоритм роботи системи було поділено на послідовні етапи. Кожен етап виконується лише після успішного завершення попереднього. Відповідні дискретні сигнали, що характеризують кожен етап роботи системи, наведені в таблиці 3.1, дана таблиця спрощує процес відладки та моніторингу роботи системи. Часова діаграма роботи системи представлена на рисунку 3.1.

Нижче поетапно описано алгоритм роботи керуючого контролера:

Етап 1. Встановлення бетоноукладача у робоче положення. Після отримання контролером сигналу з кнопки SB1 за умови високого рівня сигналу на виході датчика GE2 контролер подає напругу на котушку пускача KM5, який запускає двигун M4. Після отримання високого рівня сигналу з датчика GE4, контролер вимикає пускач KM5.

Етап 2. Встановлення формувальної машини у робоче положення. За умови наявності високого рівня сигналу на виході датчика положення GE1 контролер подає напругу на котушку магнітного пускача KM2, який вмикає двигун M2. Контролер знімає напругу з котушки пускача KM2 у момент появи сигналу високого рівня з датчика GE3.

Етап 3. Процедура укладання бетонної суміші у форму. Якщо на виході датчиків GE4 та GE3 наявний сигнал високого рівня, тоді контролер подає напругу на котушки пускачів KM4 та KM5, вмикаючи двигуни M3 та M4. У момент появи сигналу високого рівня на датчику GE6 контролер відключає від напруги котушки пускачів.

Етап 4. Ущільнення нижнього шару бетонної суміші. Після виконання попереднього етапу контролер протягом заданого часу подає напругу на котушку магнітного пускача KM1, вмикаючи двигун M1.

Етап 5. Повернення бетоноукладача у початкове положення. По завершенню попереднього етапу контролер подає напругу на котушку магнітного пускача KM6, який, у свою чергу, запускає двигун M4 у режимі реверсу. Контролер відключає пускач у момент спрацювання датчика GE2.

Етап 6. Встановлення самохідного порталу у робоче положення. За умови завершення попереднього етапу та наявності високого рівня сигналу на датчику положення GE7 контролер подає напругу на котушку пускача КМ10, вмикаючи двигун М7. Контролер подає напругу на котушку пускача до моменту появи сигналу високого рівня на виході датчика GE5.

Етап 7. Опускання віброщита. При наявності високого рівня сигналу на виході датчика GE5 та завершенні попереднього етапу контролер протягом заданого часу подає напругу на котушку пускача КМ7, який, в свою чергу, подає напругу на двигун М5.

Етап 8. Ущільнення верхнього шару бетонної суміші. По завершенню попереднього етапу контролер на заданий час подає напругу на котушку магнітного пускача КМ9, який вмикає двигун М6.

Етап 9. Повернення формувальної машини у початкове положення. За умови виконання попереднього етапу та високого рівня сигналу на виході датчика GE3 контролер подає напругу на котушку пускача КМ3, вмикаючи у реверсному режимі двигун М2. Контролер вимикає пускач при появі високого рівня сигналу на виході датчика GE1.

Етап 10. Підйом віброщита. Після завершення попереднього етапу контролер на заданий час подає напругу на котушку пускача КМ8.

Етап 11. Повернення самохідного порталу у початкове положення. У завершальному етапі, за наявності високого рівня сигналу з датчика GE5 контролер подає напругу на котушку пускача КМ11, вмикаючи двигун М7 у реверсному режимі. Контролер відключає від напруги котушку пускача при появі високого рівня сигналу на виході датчика GE7.

Алгоритм керування забезпечує можливість виявлення на кожному із етапів аварійних ситуацій, зумовлених не спрацюванням відповідних датчиків. Перехід агрегатів з одного стану роботи до іншого потребує певного часу. Якщо протягом цього часового проміжку не отримано сигнали від відповідних датчиків, що є умовою для переходу до наступного стану, така ситуація розглядається як аварійна. У цьому випадку відбувається зупинка агрегатів та інформування про це оператора

Крім того передбачена можливість аварійної зупинки системи в ручному режимі. Для цього використовується кнопка SB2 (“STOP”).

Таблиця 3.1

Умовне позначення	Номер етапу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SB1	0-1-0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
GE2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
GE3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
GE4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
GE5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
GE6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
GE7	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
KM1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
KM2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KM3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
KM4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
KM5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
KM6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
KM7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
KM8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
KM9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
KM10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
KM11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

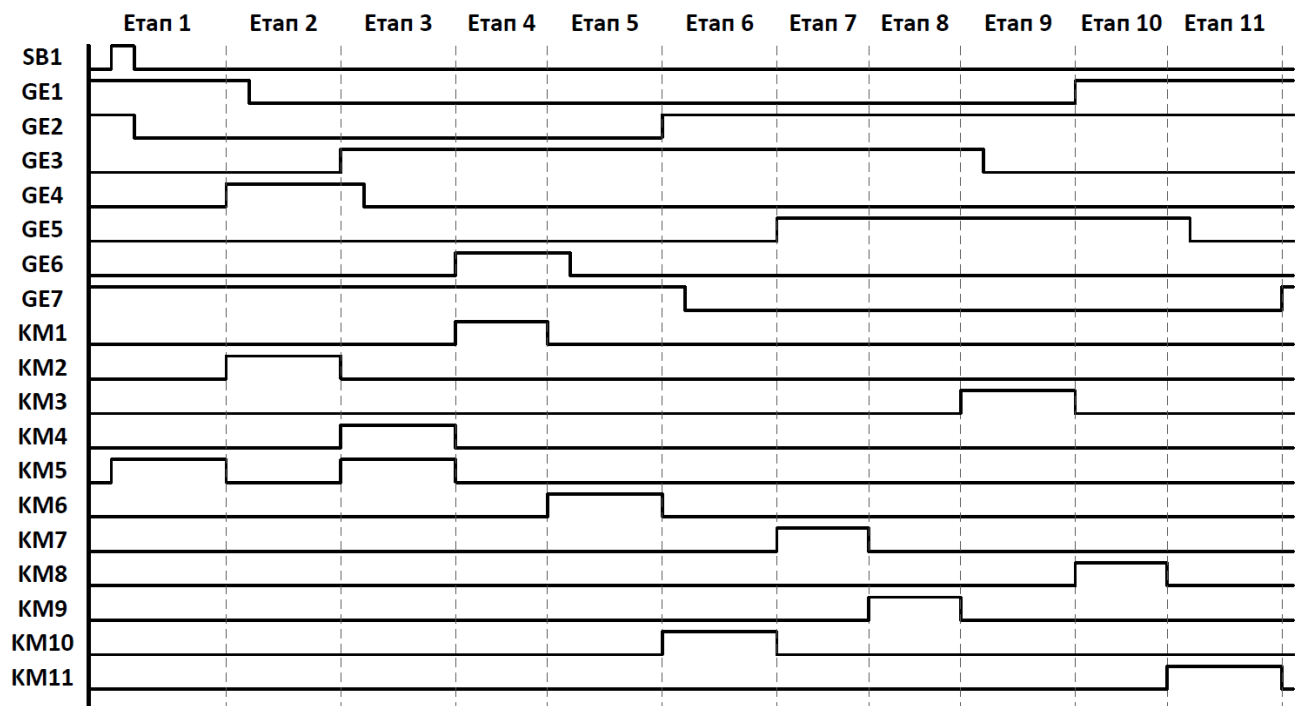


Рисунок 3.1 – Часова діаграма роботи системи (циклограма)

3.2 Створення проєкту та конфігурація контролера

Проєкт створено у програмному середовищі Siemens SIMATIC STEP 7. Siemens SIMATIC STEP 7 – це програмне середовище для розробки, тестування, налагодження та обслуговування програмованих логічних контролерів (PLC) серії SIMATIC S7 від компанії Siemens. Це один із найпоширеніших інструментів для автоматизації промислових процесів, що використовується в різних галузях. Програмне забезпечення STEP 7 надає користувачам потужні інструменти для створення логіки керування, діагностики помилок та конфігурації апаратного забезпечення.

STEP 7 підтримує кілька мов програмування відповідно до стандарту IEC 61131-3, що дає змогу інженерам вибирати найбільш зручний підхід до програмування. Найпоширенішими мовами є LAD (Ladder Diagram) – релейно-контактна схема, FBD (Function Block Diagram) – функціональні блоки, STL (Statement List) – низькорівнева текстова мова, схожа на асемблер, а також SCL (Structured Control Language) – мова високого рівня, схожа на Pascal або C. Окрім цього, підтримується GRAPH, що використовується для розробки програм із послідовним керуванням. Завдяки цим мовам програміст може обирати зручний стиль написання коду залежно від задачі та рівня складності алгоритму.

Однією з функцій STEP 7 є конфігурування апаратного забезпечення, що дозволяє інтегрувати контролери, входи/виходи (I/O) та мережеві модулі. Середовище надає зручний інтерфейс для налаштування зв'язку між пристроями за допомогою таких протоколів, як PROFIBUS, PROFINET, Industrial Ethernet та інших. Додатково, середовище підтримує інструменти для діагностики та тестування програм, що дає змогу перевіряти працездатність розробленої логіки ще до завантаження її на контролер.

Для початку роботи з програмованими логічними контролерами (PLC) Siemens SIMATIC S7 у середовищі STEP 7 необхідно створити новий проєкт і виконати його початкову конфігурацію. У цей процес входить вибір контролера, додавання модулів введення/виведення, налаштування мережевих параметрів і завантаження конфігурації в пристрій.

При створенні нового проєкту в STEP 7 Classic потрібно відкрити програму та вибрати "File → New Project", після чого задати ім'я проєкту та його розташування. Приклад створеного проєкту зображено на рисунку 3.2.

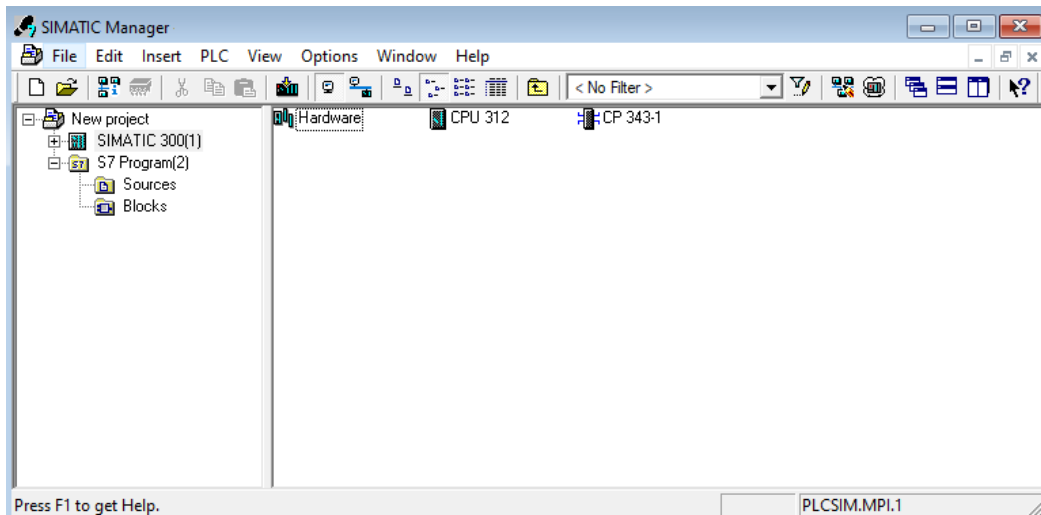


Рисунок 3.2 – Вікно менеджера зі створеним новим проектом

Далі необхідно створити нову станцію SIMATIC 300 Station та відкрити Hardware Configuration (HW Config). У цьому розділі програми додаються модулі ПЛК з каталогу обладнання такі як центральний процесор (CPU), модулі введення/виведення (I/O), комунікаційні модулі та блоки живлення, а також інші модулі. Після завершення конфігурації слід виконати компіляцію та зберегти налаштування. Приклад конфігурації апаратного забезпечення наведено на рисунку 3.3.

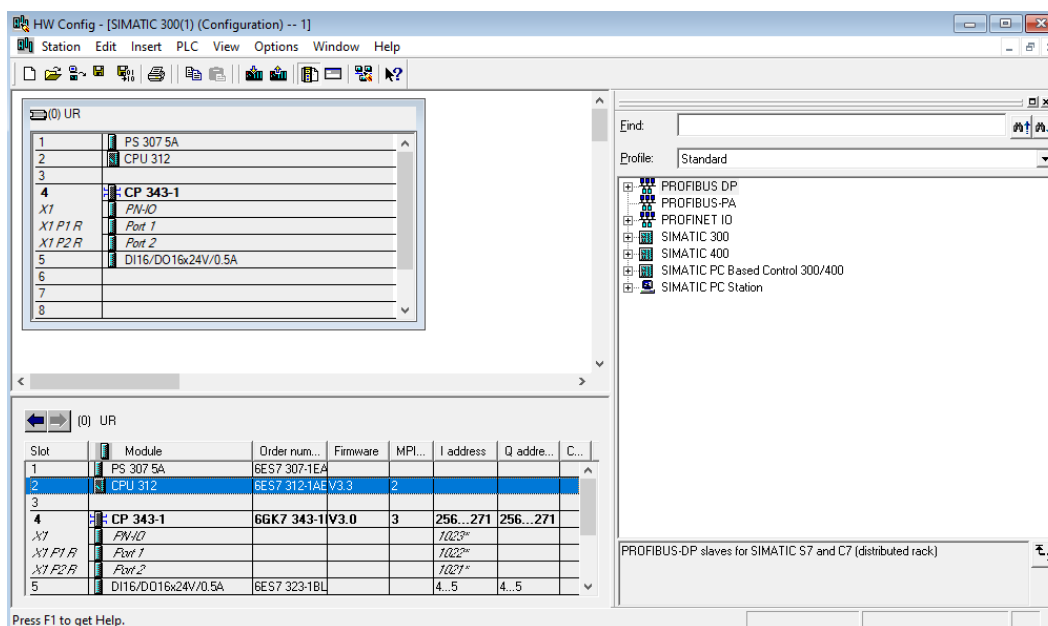


Рисунок 3.3 – Вікно конфігурації апаратного забезпечення

Для забезпечення зв'язку між програмованим логічним контролером (PLC) та іншими пристроями в промисловій мережі у даному проекті використовується мережевий модуль CP 343-1, який підтримує комунікацію через Industrial Ethernet.

Налаштування IP-адреси модуля є важливим етапом інтеграції контролера у виробничу мережу. У середовищі SIMATIC STEP 7 Classic (версія 5.x) цей процес виконується через Hardware Configuration (HW Config). Після додавання модуля у вікні Properties відкривається вкладка "Ethernet Interface", де потрібно активувати режим IP-адресації. У полі IP address вводиться унікальна IP-адреса (наприклад, 192.168.0.1), а в полі Subnet mask – відповідна маска підмережі (255.255.255.0). Приклад вікна налаштування наведено на рисунку 3.4.

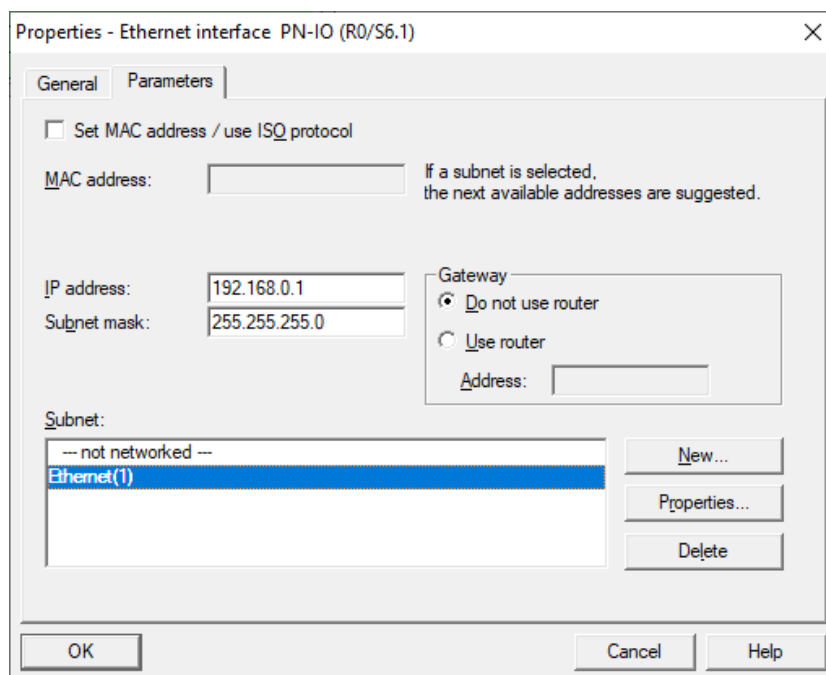


Рисунок 3.4 – Вікно налаштування мережевого модуля CP 343-1

Після створення проєкту та конфігурації апаратного забезпечення в Siemens SIMATIC STEP 7 наступним кроком є розробка програми керування для програмованого логічного контролера (PLC). У STEP 7 програмування здійснюється відповідно до стандарту IEC 61131-3, що підтримує кілька мов програмування: LAD (Ladder Logic), FBD (Function Block Diagram), STL (Statement List). Вибір мови залежить від складності завдання та вимог до системи автоматизації.

Для створення програми необхідно відкрити SIMATIC Manager, вибрати створену станцію та додати Organizational Block (OB1) – головний цикл виконання програми. Далі можна створювати Function Blocks (FB) та Function (FC), які міститимуть окремі частини логіки. Зовнішній вигляд вікна для написання програми наведено на рисунку 3.5.

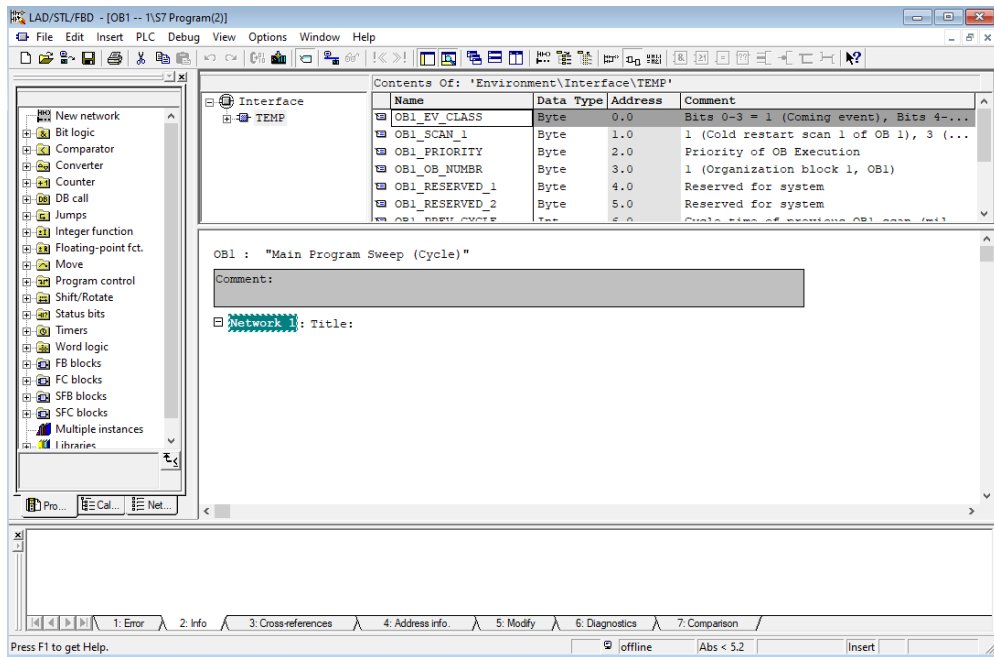


Рисунок 3.5 – Вигляд вікна для написання програми блока OB1

Після написання коду програми необхідно виконати її компіляцію та завантажити в контролер через "Download to PLC". Це можна зробити через "PLC" → "Download". Завершальним етапом є тестування та налагодження програми. Для цього використовується режим "Monitoring", який дозволяє в реальному часі переглядати змінні, стан входів/виходів та виконання команд. Це дає можливість оптимізувати програму та усунути помилки перед її впровадженням у виробничий процес.

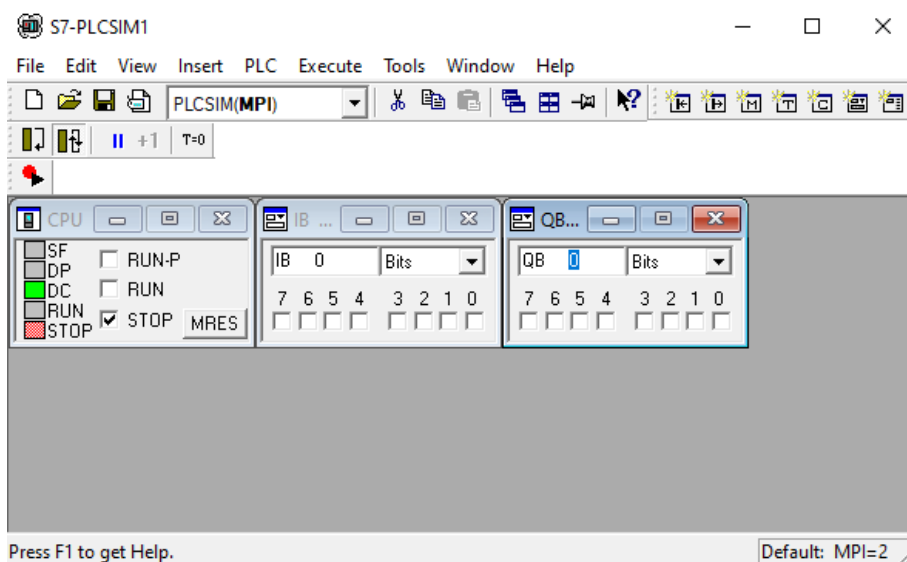


Рисунок 3.6 – Вигляд вікна симулятора контролера PLCSIM

3.3 Розробка керуючої програми

В якості мови програмування серед доступних мов було обрано STL. STL (Statement List) – це текстова мова низького рівня, яка нагадує асемблер і використовується для написання ефективних та продуктивних програм для ПЛК. Основною перевагою цієї мови є висока гнучкість, що дозволяє виконувати складні операції з бітами та пам'яттю контролера. Код STL складається з мнемонічних інструкцій, які виконуються послідовно. Наприклад, команди L (Load) завантажують значення в акумулятор, T (Transfer) передають дані, A (AND) і O (OR) використовуються для логічних операцій. Використання даної мови дає можливість реалізовувати складні та високопродуктивні алгоритми для автоматизації виробничих процесів.

У середовищі Siemens SIMATIC Step 7 програми для ПЛК виконуються у головному циклі OB1 (Organization Block 1). Контролер виконує OB1 у безперервному циклі, проходячи кожен етап послідовно. Тривалість одного циклу залежить від складності програми та часу виконання кожної команди. Якщо цикл займає більше часу, ніж очікуваний, контролер може виявити помилку Watchdog Time Error і зупинити виконання програми. Його структура визначає порядок виконання програми та взаємодію між окремими модулями коду, такими як функції (FC), функціональні блоки (FB) і дані (DB).

Для організації та впорядкування коду в межах блоку програми, наприклад, OB1, FC, або FB. У SIMATIC Step 7 використовується логічний розділ програми, який називається Network (мережа). Основна мета використання Network – зробити програму більш структурованою та зрозумілою. У типовій програмі Step 7 кожна Network відповідає за окремий функціональний блок процесу. У STL (Statement List) Network є розділеними частинами текстового коду, що позначають окремі операції. Таким чином, Network у Step 7 є ключовим елементом структури програми, що дозволяє зробити код модульним, читабельним і зручним для аналізу та обслуговування.

У даному проекті програма повністю реалізована в блоці OB1, оскільки для виконання поставленого завдання цього цілком достатньо.

Нижче наведено опис лістингу програми, який знаходиться у додатку Д: програма складається з чотирнадцяти розділів (мереж). Мережі з першої по дванадцяту містять лічильник етапів, який працює наступним чином: на початку мережі програма завантажує байт пам'яті MB10, який зберігає число, потім завантажує число і порівнює з тим, яке зберігається у MB10. Якщо числа співпадають, то виконується та логіка, яка знаходиться у даній мережі.

Після успішного виконання логіки, у кінці мережі програма виконує операцію інкременту значення числа у байті пам'яті MB10. У випадку ж відсутності співпадіння програма переходить до наступної мережі.

Також дані мережі містять логіку зупинки по натисканню на кнопку та виявлення аварійних ситуацій. Зупинка по натисканню на кнопку реалізована наступним чином: при появі на вході I4.1 (фізична кнопка SB2) або при записі у біт M0.2 логічної одиниці програма зупиняє виконання поточного етапу і переходить до виконання мережі тринадцять (Network: 13). При виконанні послідовності операцій даної мережі відбувається запис нуля у байт MB10, що переводить стан системи в очікування, та у байти MB20, MB30, MB40, MB50, ці байти використовуються для відображення статусу двигунів приводів устаткування на панелі оператора (формувальної машини, бетоноукладача, самохідного порталу, лебідки щита), відповідно статус цього устаткування встановлюється як "вимкнено".

Для реалізації виявлення аварійних ситуацій використано таймер затримки на відключення (T0). На початку виконання логіки керування, одночасно з подачею сигналів для включення певних виконавчих механізмів, необхідних на поточному етапі, запускається таймер. Програма перевіряє стан таймера та датчика, який відповідає за кінцевий стан устаткування, і якщо програма виявить, що значення на виході таймера дорівнює нулю (таймер закінчив відлік) та значення на вході, до якого підключено датчик, також дорівнює нулю, то програма зупинить працююче на даному етапі устаткування, подавши логічний нуль на відповідні виходи контролера, запише одиницю у біт M0.4 (маркер аварії), запише код несправності у подвійний байт MW1 і перейде до виконання коду у мережі чотирнадцять (Network: 14) - послідовності обробки аварійної ситуації. При виконанні даної послідовності у байт MB10 записується число дванадцять, завдяки чому система переходить у стан аварії, відбувається блокування, оскільки для того, щоб запустити цикл, система повинна знаходитись у стані очікування. Скидання стану аварії здійснюється натисканням кнопки "СТОП" за тим же принципом, що і ручна зупинка.

Далі описано логіку керування виконавчими механізмами у відповідних розділах програми:

Network: 1 – Запуск процесу. У даному розділі виконується обробка натискання кнопки СТАРТ (SB1), контролер опитує стан входу I4.0 до якого підключена кнопка, та біт M0.1, який пов'язаний з кнопкою СТАРТ на панелі оператора. Якщо на вхід I4.0 подається або в біт M0.1 записується одиниця, система переходить на перший етап за умови того, що система знаходиться у стані очікування, тобто якщо байт MB10 = 0 та відсутня аварійна ситуація, тобто якщо біт M0.4 == 0.

Network: 2 - Встановлення бетоноукладача у початкове робоче положення. Контролер подає логічну одиницю на вихід Q4.4, якщо натиснуто кнопку "ПУСК" (SB1 або SB1_HMI) і все устаткування знаходиться у початкових позиціях, тобто якщо I4.0 або M0.1, I4.2, I4.3, I5.0 == 1. При встановленні одиниці на вході I4.5 на виході Q4.4 встановлюється нуль.

Network: 3 - Встановлення формувальної машини у робоче положення. При значенні логічної одиниці на входах I4.2, I4.5, I5.0 контролер встановлює значення логічної одиниці на виході Q4.1. При появі логічної одиниці на вході I4.4 на раніше згаданому виході встановлюється нуль, і програма переходить до виконання наступного етапу.

Network: 4 - Процедура укладання бетону бетоноукладачем. Програма перевіряє, чи дорівнює значення на входах I4.4, I4.5, I5.0 логічній одиниці. Якщо умови виконані, на виходах Q4.3, Q4.4 встановлюється одиниця. При досягненні кінцевого робочого положення, тобто при I4.7 == 0, на даних виходах встановлюється нуль.

Network: 5 - Робота віброустановки формувальної машини. Програма перевіряє значення на входах I4.4, I4.7, I5.0. Якщо на цих входах є логічна одиниця, то запускається таймер T1 на 10 секунд. На час роботи таймера контролер подає логічну одиницю на вихід Q4.0. Після закінчення встановленого часу на виході з'являється нуль.

Network: 6 - Повернення бетоноукладача у початкове положення. Програма встановлює логічну одиницю на виході контролера Q4.5, якщо на вході I5.0 та I4.7 також одиниця. При встановленні на вході I4.3 значення логічної одиниці на виході Q4.5 встановлюється логічний нуль.

Network: 7 - Встановлення самохідного порталу у робоче положення. При значенні логічної одиниці на входах I4.3, I4.4 та I5.0 програма встановлює одиницю на виході Q5.1. Після досягнення кінцевого стану устаткування на даному етапі на вході I4.6 контролер подає на вихід значення логічного нуля.

Network: 8 - Опускання віброшита на робочу поверхню. Програма перевіряє значення на входах I4.6, I4.4, I4.3. Якщо на цих входах є логічна одиниця, то запускається таймер T2 на 5 секунд. На час роботи таймера контролер подає логічну одиницю на вихід Q4.6. Після закінчення встановленого часу на виході встановлюється нуль.

Network: 9 - Робота віброшита самохідного порталу. Таймер (T3) запускається, якщо на вході I4.3, I4.4, I4.6 подається одиниця. На заданий час при активному таймері на вихід Q5.0 подається логічна одиниця. Після закінчення роботи таймера на виході знову з'являється нуль.

Network: 10 - Повернення формувальної машини у початкове положення. При значенні логічної одиниці на входах I4.3, I4.4, I4.6 на вихід Q4.2 подається одиниця. Після встановлення логічної одиниці на вході I4.2 в результаті спрацювання датчика на вихід подається логічний нуль.

Network: 11 - Підняття віброщита самохідного порталу. Якщо на входах I4.2, I4.3, I4.6 встановлено логічну одиницю, запускається таймер (T2), і на час роботи таймера на вихід Q4.7 подається логічна одиниця. Після завершення відліку часу на виході знову з'являється нуль.

Network: 12 - Повернення самохідного порталу у початкове положення. Програма перевіряє, чи встановлена логічна одиниця на входах I4.2, I4.3, I4.6, і якщо ця умова виконана, то на вихід Q5.2 встановлюється логічна одиниця. При отриманні на вхід I5.0 логічної одиниці на вихід встановлюється нуль.

3.4 Відладка ПЗ та емуляція роботи робочого контролера

Для налагодження та тестування розробленої програми був використаний емулятор контролера PLCSIM у середовищі SIMATIC STEP 7, що дозволило перевірити логіку роботи без підключення до реального обладнання. За допомогою емулятора було завантажено програму, виконано її покроковий аналіз, протестовано змінні та перевірено правильність обробки вхідних і вихідних сигналів.

PLCSIM – це програмний інструмент для емуляції роботи програмованих логічних контролерів (PLC) у середовищі SIMATIC STEP 7. Він дозволяє тестувати програми без фізичного обладнання, що значно прискорює процес розробки та налагодження. PLCSIM емулює роботу контролера, забезпечуючи можливість перевірки логіки керування, моніторингу змінних і тестування взаємодії програмних блоків.

Для симуляції ПЛК виконуються наступні дії:

запуск PLCSIM – після створення проєкту та написання програми у SIMATIC Manager необхідно відкрити PLCSIM через меню "Options → Simulate Modules".

Завантаження програми – у SIMATIC Manager необхідно відкрити вкладку "PLC → Download", після чого програма передається у віртуальний контролер.

Тестування логіки роботи – у вікні PLCSIM можна додавати входи/виходи, області пам'яті, таймери, вручну змінювати стан входів та спостерігати за вихідними сигналами для аналізу змінних у реальному часі.

Результати емуляції представлені на рисунках 3.7 – 3.17.

На рисунку 3.7 в бітових полях 0, 2, 3 за адресою IB4 та 0 за адресою IB5 встановлено одиничні значення, що відповідає натисканню кнопки SB1 та активному стану датчиків GE1, GE2, GE7. Після цього можна спостерігати появу сигналу на виході 4 за адресою QB4, що відповідає включенню пускача KM5.

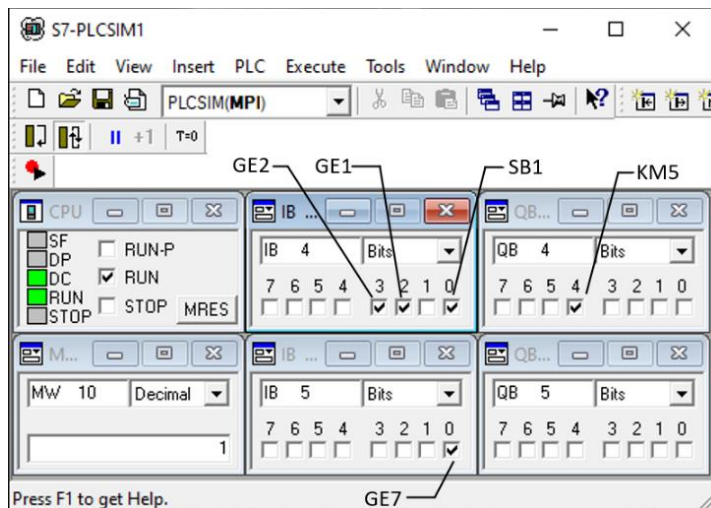


Рисунок 3.7 – Етап 1: Встановлення бетоноукладача у початкове робоче положення

На рисунку 3.8 представлено наступний етап процесу емуляції роботи системи. Для переходу на наступний етап у бітових полях 2 та 5 за адресою IB4 треба записати одиничний сигнал, після чого відбувається включення магнітного пускача KM2, про що свідчить поява одиничного сигналу у бітовому полі 1 за адресою QB4.

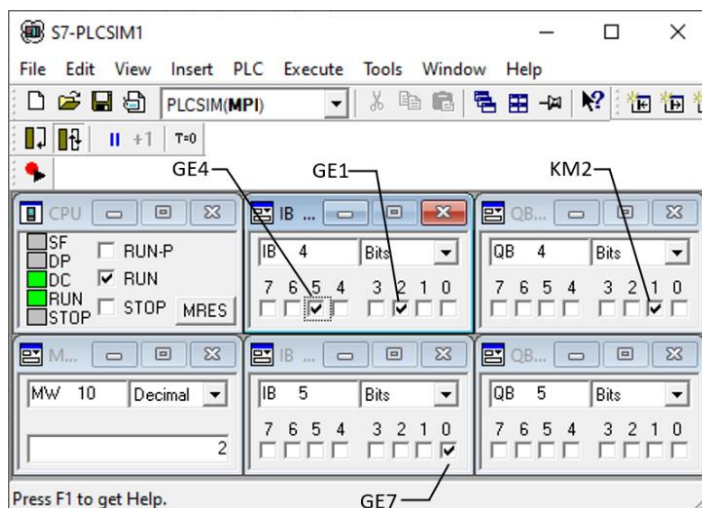


Рисунок 3.8 – Етап 2: Встановлення фомувальної машини у робоче положення

На рисунку 3.9 зображено емуляцію процедури укладання бетону бетоноукладачем. Вхідні сигнали в бітових полях 5 за адресою IB4 та 0 за адресою IB5 залишаються активними, що свідчить про подальший активний стан датчиків GE4 та GE7. Також встановлено одиничний сигнал у полі 4 за адресою IB4, що свідчить про активний датчик GE3. У бітових полях 4 та 3 за адресою QB4 з'являється одиничне значення, що відповідає включенню пускачів KM5 та KM4.

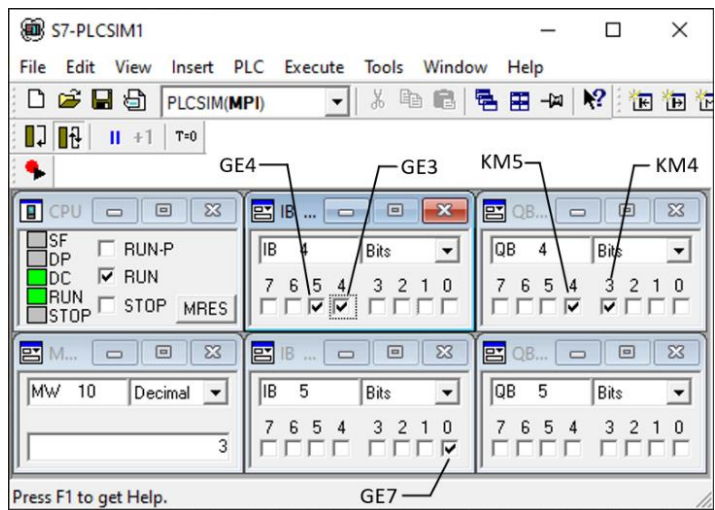


Рисунок 3.9 – Етап 3: Процедура укладання бетону бетоноукладачем

На рисунку 3.10 розпочинається робота віброустановки формувальної машини. Активні входи в бітових полях 7 та 4 за адресою IB4 відповідають активному стану датчиків GE6 і GE3. У результаті з'являється вихідний сигнал у полі 0 за адресою QB4, який активує пускач KM1 на заданий час.

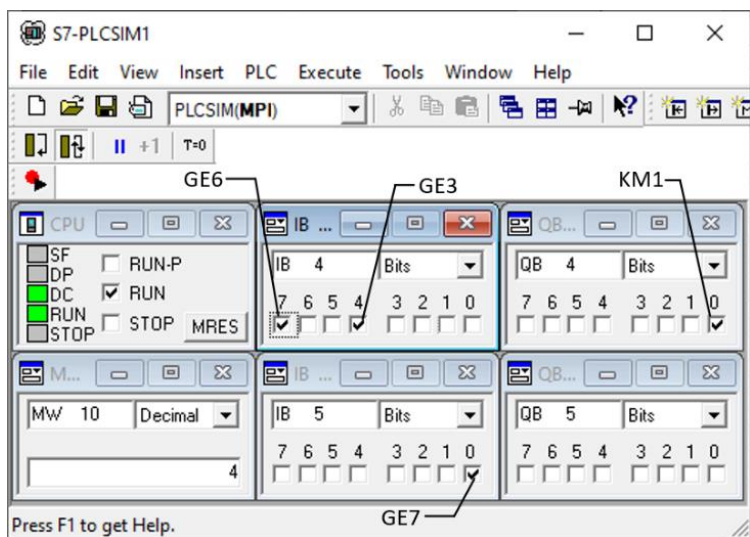


Рисунок 3.10 – Етап 4: Робота віброустановки формувальної машини

На рисунку 3.11 представлено повернення бетоноукладача у початкове положення. Одиничні сигнали залишаються встановленими у полях 4, 7 за адресою IB4 та 0 за адресою IB5. Після закінчення заданого часу з'являється вихідний сигнал у полі 5 за адресою QB4, вмикаючи пускач KM6.

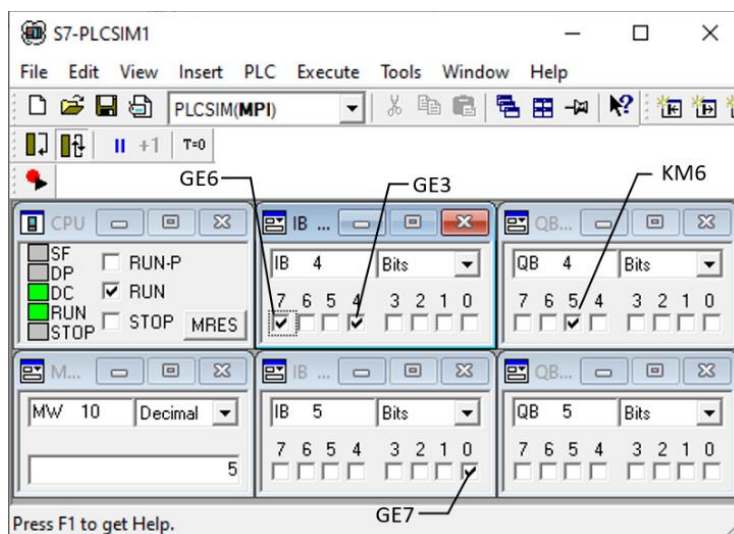


Рисунок 3.11 – Етап 5: Повернення бетоноукладача у початкове положення

На рисунку 3.12 зображено встановлення самохідного порталу у робоче положення. Вхідні біти 3, 4 за адресою IB4 та біт 0 за адресою IB5 активні, що відповідає стану датчиків GE3, GE6 та GE7. На виході QB5 з'являється одиничний сигнал у полі 1, що означає ввімкнення пускача KM10, керуючого переміщенням порталу.

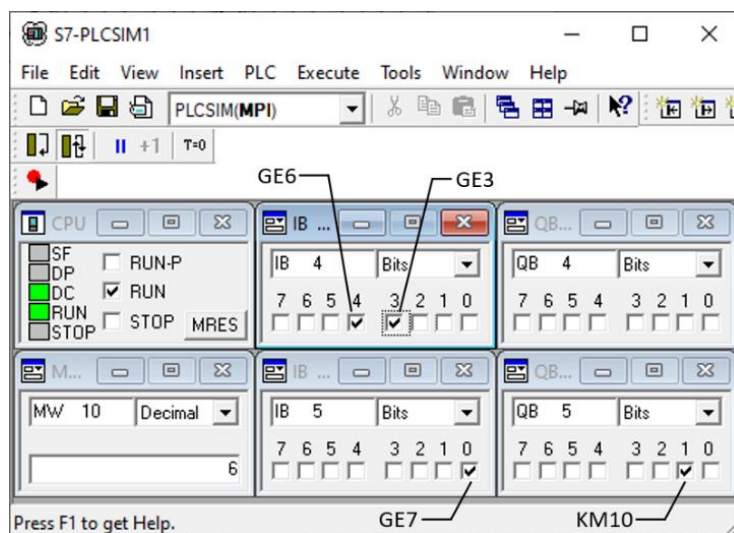


Рисунок 3.12 – Етап 6: Встановлення самохідного порталу у робоче положення

На рисунку 3.13 зображено емуляцію опускання віброщита на робочу поверхню. Активні входні сигнали у бітових полях 3, 4 та 6 за адресою IB4 відповідають замкнутому стану датчиків GE2, GE3 та GE5. Вихідний сигнал формується на заданий час у полі 6 за адресою QB4, що вказує на включення приводу опускання віброщита – пускач KM7.

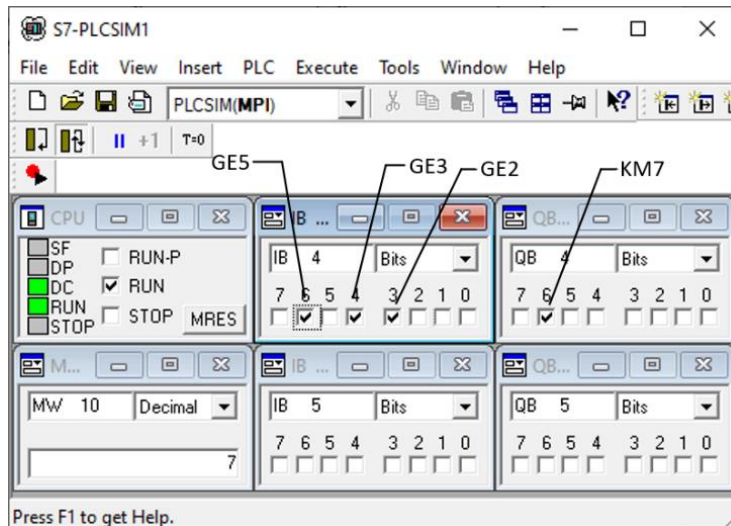


Рисунок 3.13 – Етап 7: Опускання віброщита на робочу поверхню

На рисунку 3.14 проілюстровано роботу віброщита самохідного порталу. Після завершення опускання віброщита на заданий час вмикається магнітний пускач віброщита самохідного порталу. Це можна спостерігати як сигнал у полі 0 за адресою QB5.

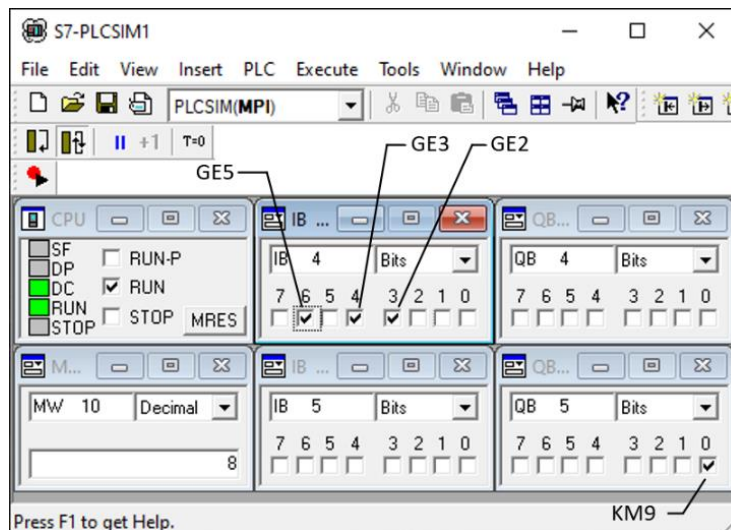


Рисунок 3.14 – Етап 8: Робота віброщита самохідного порталу

На рисунку 3.15 зображено повернення формувальної машини у початкове положення. В бітових полях 3, 4, 6 за адресою IB4 залишаються активні сигнали. Після закінчення заданого часу попереднього етапу вихідний сигнал подається у поле 2 за адресою QB4, активуючи пускач КМ9.

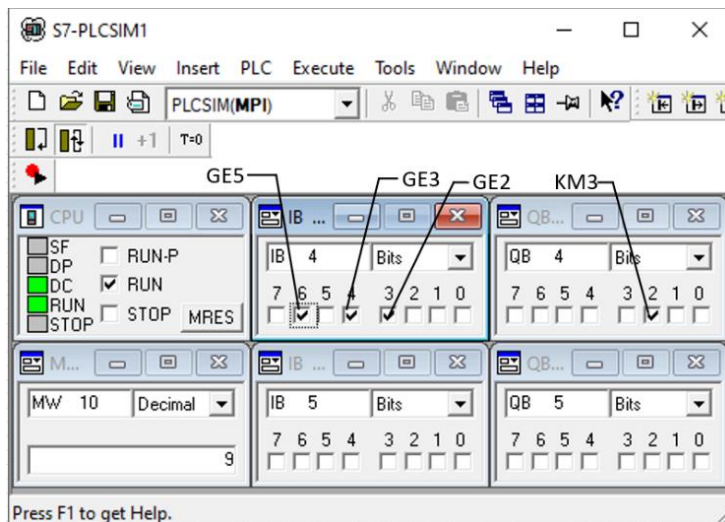


Рисунок 3.15 – Етап 9: Повернення формувальної машини у початкове положення

На рисунку 3.16 показано емуляцію підняття віброщита самохідного порталу. Активовані входні біти 2, 3 та 6 за адресою IB4 відповідають замкнутому стану датчиків GE1, GE2 та GE5. На виході QB4 одиничне значення записано у полі 7, що відповідає включенню пускача КМ8.

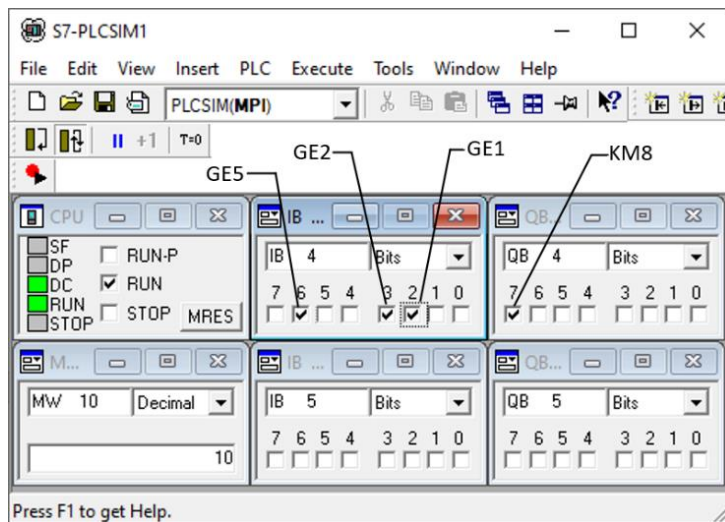


Рисунок 3.16 – Етап 10: Підняття віброщита самохідного порталу

На рисунку 3.17 проілюстровано емуляцію повернення самохідного порталу у початкове положення. Вхідні біти 2, 3 і 6 за адресою IB4 знаходяться в активному стані. По закінченню заданого часу попереднього етапу з'являється сигнал на виході – біт 2 за адресою QB5, який включає пускач КМ11.

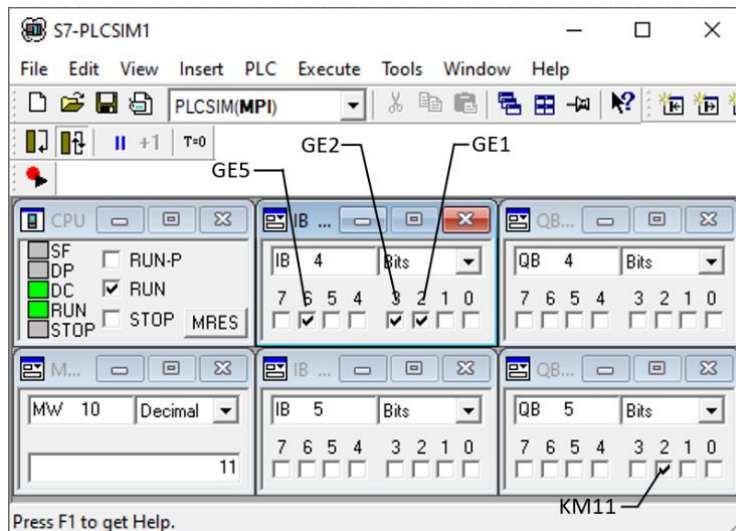


Рисунок 3.17 – Етап 11: Повернення самохідного порталу у початкове положення

Розділ 4

					Автоматизована система управління бетоноукладачем			
			Підпис	Дата				
Розробив					Розробка SCADA – системи керування	Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив							48	
						КНУБА, АКІТс-22		
Н. Контр.								
Затвердив								

4 Розробка SCADA – системи керування

Для розробки панелі оператора в рамках проекту було використано програмне середовище WinCC Flexible 2008, яке дозволяє створювати графічний інтерфейс для керування технологічним процесом. У цьому середовищі була розроблена візуалізація, яка включає основні елементи управління, такі як кнопки запуску та зупинки обладнання, індикатори стану та система аварійних сповіщень. Даний функціонал забезпечує оператору зручний доступ до основних функцій контролю та моніторингу.

WinCC Flexible 2008 – це програмне середовище від Siemens, призначене для розробки людино-машинних інтерфейсів (НМІ). Ця програма використовується для створення візуалізації процесів автоматизації, що дозволяє операторам керувати обладнанням, контролювати параметри та отримувати дані у зручному графічному вигляді. WinCC Flexible 2008 підтримує широкий спектр панелей оператора Siemens, включаючи SIMATIC HMI Basic, Comfort, Mobile Panels, а також ПК-платформи.

Основними можливостями WinCC Flexible 2008 є створення динамічних графічних інтерфейсів, налаштування зв'язку з ПЛК, ведення архівів даних та налаштування системи сповіщень про аварійні ситуації.

Програма містить широкий набір вбудованих функцій для створення кнопок керування, графіків, анімацій та інших елементів візуалізації. Крім того, вона підтримує скрипти на VBScript, що дозволяє реалізовувати складну логіку взаємодії між НМІ та PLC.

						Арк.
						49
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Створення проекту та початкова конфігурація

Для того щоб додати панель оператора до проекту, необхідно відкрити проект у SIMATIC Step 7 Manager, натиснути правою кнопкою миші на дерево проекту, вибрати зі списку “Insert New Object → SIMATIC HMI Station” та додати об’єкт панель оператора. Далі у відкритому вікні обрати панель MP277 Touch 10". Вибір панелі показано на рисунку 4.1.

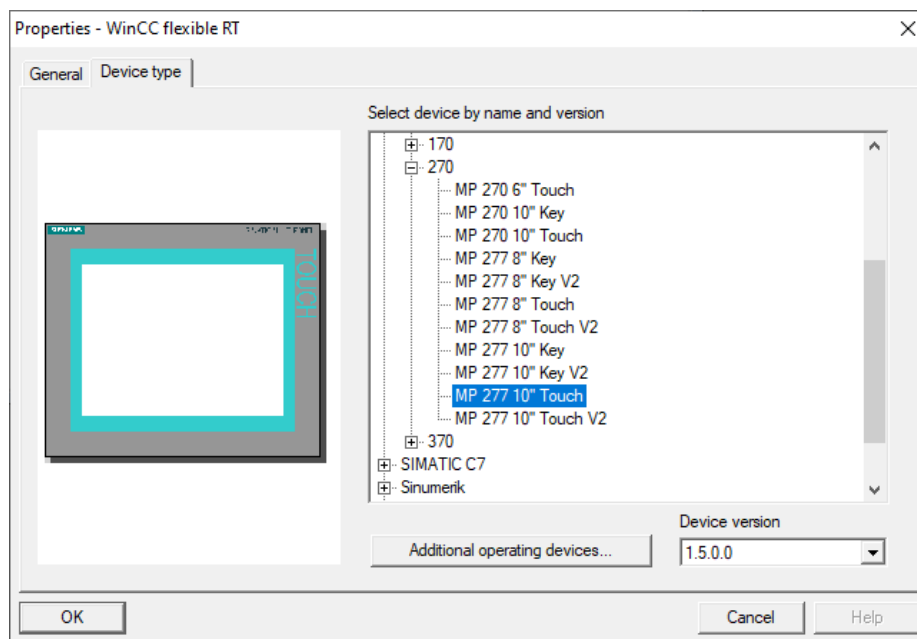


Рисунок 4.1 – Вікно вибору панелі

Після додавання панелі автоматично створиться проект для WinCC Flexible 2008. Панель з’явиться у дереві проекту, розгорнувши цей об’єкт, можна буде побачити склад проекту WinCC Flexible 2008 для панелі. Дерево проекту з HMI-панеллю у SIMATIC Step 7 Manager показано на рисунку 4.2.

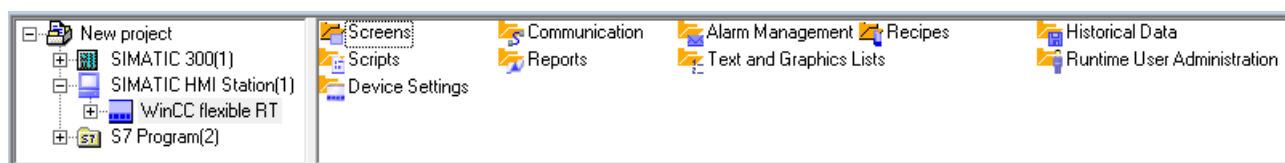


Рисунок 4.2 – Дерево проекту з включеною у нього HMI – панеллю

Далі необхідно налаштувати зв'язок із комунікаційним модулем контролера CP 343-1. Для зв'язку між панеллю та контролером використовується Industrial Ethernet. Для встановлення зв'язку у SIMATIC Step 7 Manager необхідно у верхній частині програми відкрити “Options → Configure Network”, після чого з'явиться вікно з усіма доступними для підключення пристроями. Далі треба під'єднати порт “HMI IE” пристрою “SIMATIC HMI Station” до шини Industrial Ethernet, протягнувши з'єднання лівою кнопкою миші. Після цього необхідно налаштувати адресу даного пристрою, натиснувши правою кнопкою миші на порт та вибравши “Properties”. Відкриється вікно, у якому необхідно буде вказати IP-адресу пристрою. На рисунку 4.3 показано вигляд вікна мережевого налаштування та налаштування інтерфейсу панелі.

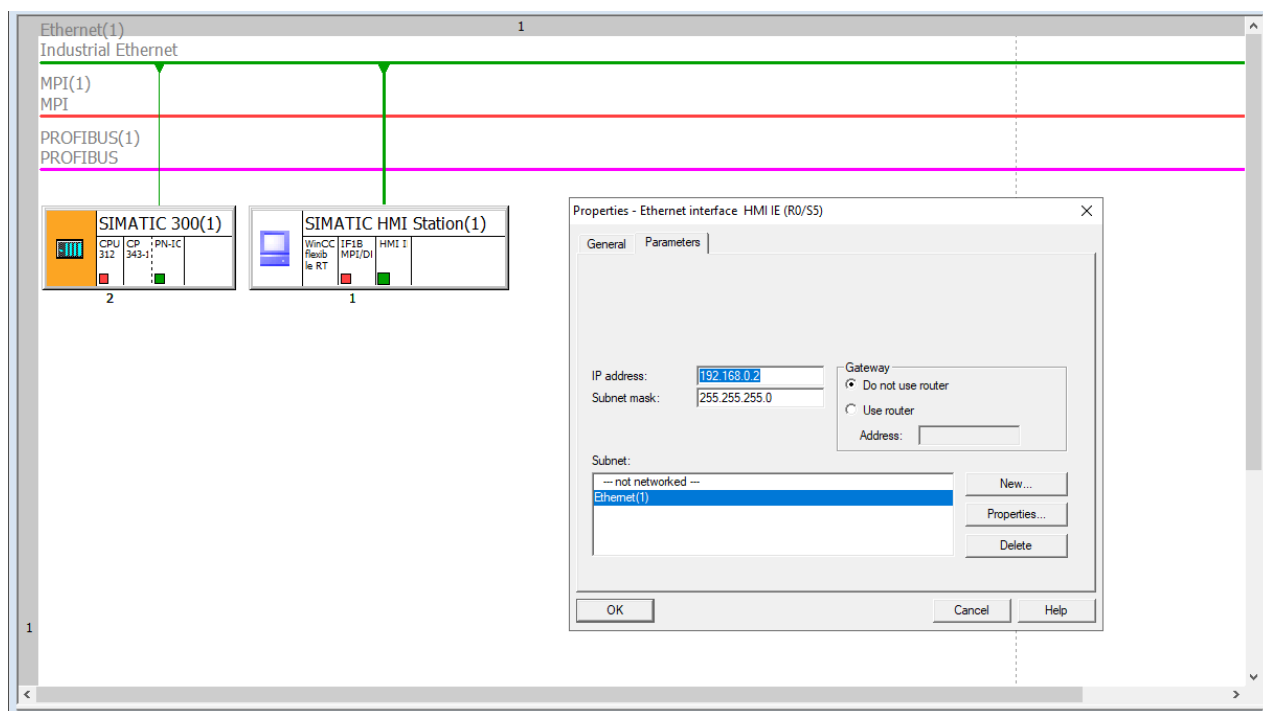


Рисунок 4.3 – Вікно мережевого налаштування пристроїв

Після налаштування панелі можна переходити до створення графічного інтерфейсу, відкривши WinCC flexible 2008 з через дерево проекту “SIMATIC HMI Station → WinCC flexible RT → Screens”. У WinCC Flexible 2008 передбачені різні елементи керування, зокрема кнопки запуску та зупинки, індикатори стану, текстові поля та графіки для візуалізації даних. Можна створювати кілька екранів, які оператор зможе перемикає для отримання детальної інформації про стан системи. Коли інтерфейс готовий, проект можна перевірити у режимі емуляції.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

4.2 Розробка людино-машинного інтерфейсу (НМІ)

У процесі розробки панелі було створено графічні екрани з відповідними елементами керування – кнопками, індикаторами, текстовими повідомленнями. Кожен з цих елементів прив'язується до змінних (тегів), які відображають значення з програмованого логічного контролера або дозволяють передавати керуючі команди.

За допомогою панелі оператор може запускати або зупиняти обладнання, контролювати параметри, переглядати повідомлення про помилки та отримувати візуальну інформацію про стан системи. Зручний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс значно підвищує ефективність роботи персоналу та зменшує ймовірність помилок у керуванні.

На рисунку 4.4 представлено графічний інтерфейс панелі оператора, розроблений у середовищі WinCC Flexible 2008 для панелі SIMATIC MP277 Touch від компанії Siemens. Інтерфейс має чітку структуру і поділений на логічні блоки, що відображають стан різних частин автоматизованої установки. Вгорі розміщено заголовок "Статус системи" та "Сигналізація", де можна побачити поточний режим роботи — "Очікування", а також повідомлення про аварійні ситуації.

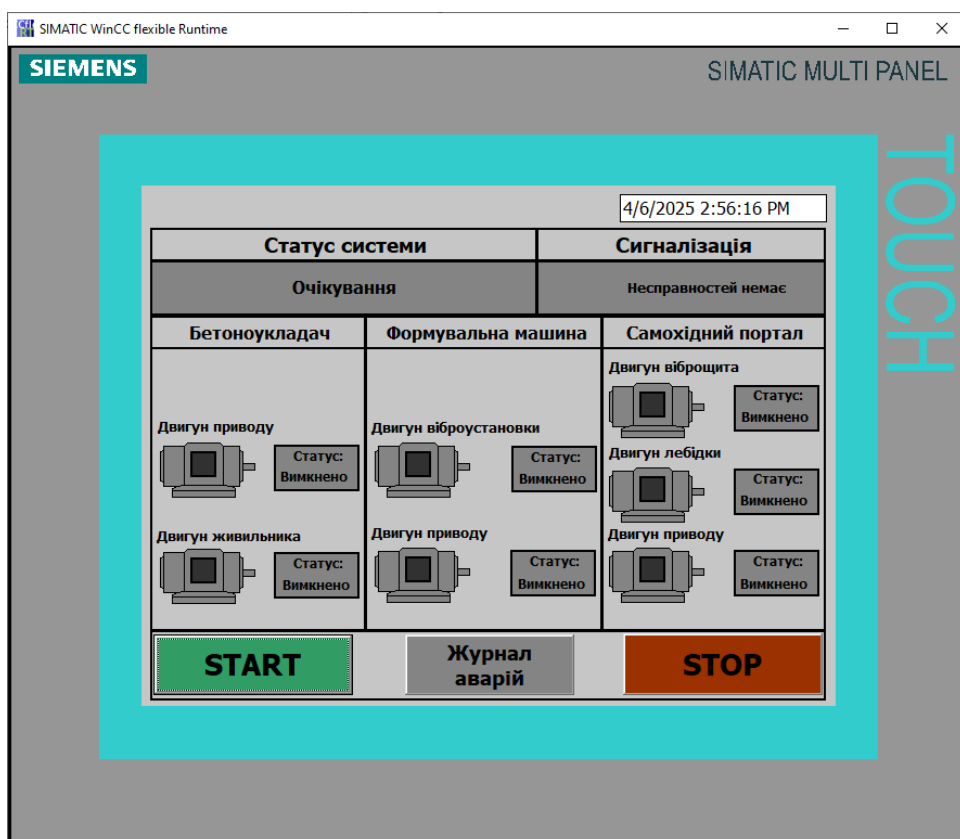


Рисунок 4.4 – Головний екран керування розробленої панелі оператора

Основна частина екрана розділена на три секції, кожна з яких відповідає за окремий вузол обладнання: бетоноукладач, формувальна машина та самохідний портал. Кожен із цих вузлів має графічні зображення електродвигунів та підписи зі статусами — "Вимкнено". Це дозволяє оператору миттєво оцінити стан приводу, живильника, віброустановки, лебідки тощо. Візуалізація побудована логічно: кожен елемент обладнання представлений у вигляді значка двигуна з підписом, що знижує ризик помилки оператора.

У нижній частині панелі розташовані кнопки керування: "START", "STOP" та "Журнал аварій". Кнопка "START" має яскравий зелений колір, який інтуїтивно асоціюється з запуском, тоді як "STOP" виконана в червоно-коричневому кольорі, що підкреслює її аварійний або зупинковий характер. Кнопка "Журнал аварій" дає змогу переглянути історію помилок або попереджень, що важливо для діагностики та обслуговування. У правому верхньому куті також відображено поточну дату і час, що допомагає оператору орієнтуватися в часі та фіксувати події.

На рисунку 4.5 представлено екран панелі оператора, який відповідає функції "Журнал аварій". Цей екран є невід'ємною частиною НМІ-системи, оскільки забезпечує оператора актуальною інформацією про стан системи у випадку виникнення збоїв. У верхньому правому куті, як і на основному екрані, знаходиться відображення дати і поточного часу, що дозволяє точно фіксувати момент появи кожної події в журналі.

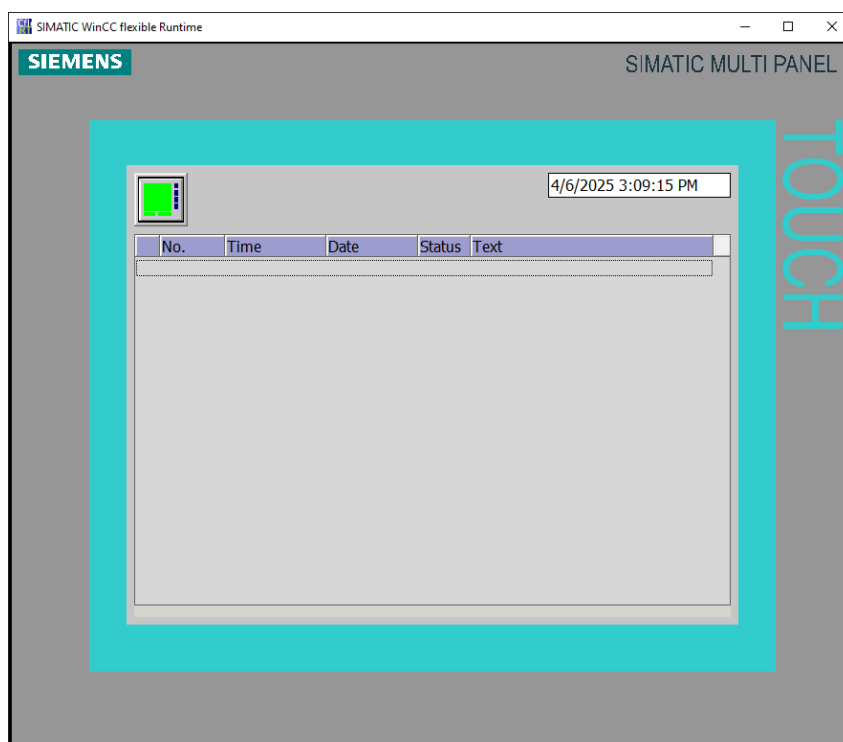


Рисунок 4.5 – Екран з журналом аварій розробленої панелі оператора

Центральною частиною екрана є таблиця повідомлень, що містить стовпці: "No.", "Time", "Date", "Status" та "Text". Ця таблиця створена для реєстрації аварійних повідомлень у хронологічному порядку. Кожен рядок таблиці буде заповнюватися автоматично під час виникнення події у системі. Стовпці дозволяють оператору швидко зрозуміти, коли сталася подія (дата і час), який її поточний статус (активна чи підтверджена), а також короткий опис проблеми.

У лівій верхній частині екрана можна побачити іконку, яка виконує функцію повернення до головного екрана.

Така реалізація аварійного журналу дозволяє ефективно контролювати безпеку технологічного процесу, швидко реагувати на нестандартні ситуації та вести діагностику обладнання.

Загалом інтерфейс виконаний у строгому індустріальному стилі з використанням контрастних кольорів для акцентування уваги на керуванні та статусі системи. Він зручний для оператора, добре структурований і відповідає стандартам розробки НМІ-панелей у промисловості. Такий підхід дозволяє забезпечити ефективне керування процесами та оперативне реагування на зміни в роботі обладнання.

4.3 Взаємодія оператора з панеллю керування системою

Початково система знаходиться в стані очікування, початок роботи системи здійснюється із включення кнопки старт. Бетоноукладачна машина представлена на головному екрані сукупністю бетоноукладача формувальної машини та самохідного порталу.

Функціонування кожного з цих елементів відображається за допомогою графічних елементів, що зображують відповідні приводи, та текстових полів, в яких динамічно відображається статус роботи. Включення та виключення двигунів відображається за допомогою динамічних кольорових елементів: жовтий колір відповідає його включеному стану, в той час як сірий - виключеному.

Відповідно до розробленого алгоритму, робота машини розпочинається з включення двигуна приводу бетоноукладача. При цьому індикатор, який показує стан роботи двигуна приводу, стає жовтого кольору, а текстовий елемент поряд змінюється на напис "Увімкнено". На етапі укладання бетону аналогічним способом відображається робота двигуна живильника. Також стрілками показано напрямок руху бетоноукладача: стрілка вправо – встановлення у робоче положення, стрілка вліво – повернення у початкове положення. Приклад відображення роботи бетоноукладача показано на рисунку 4.6.

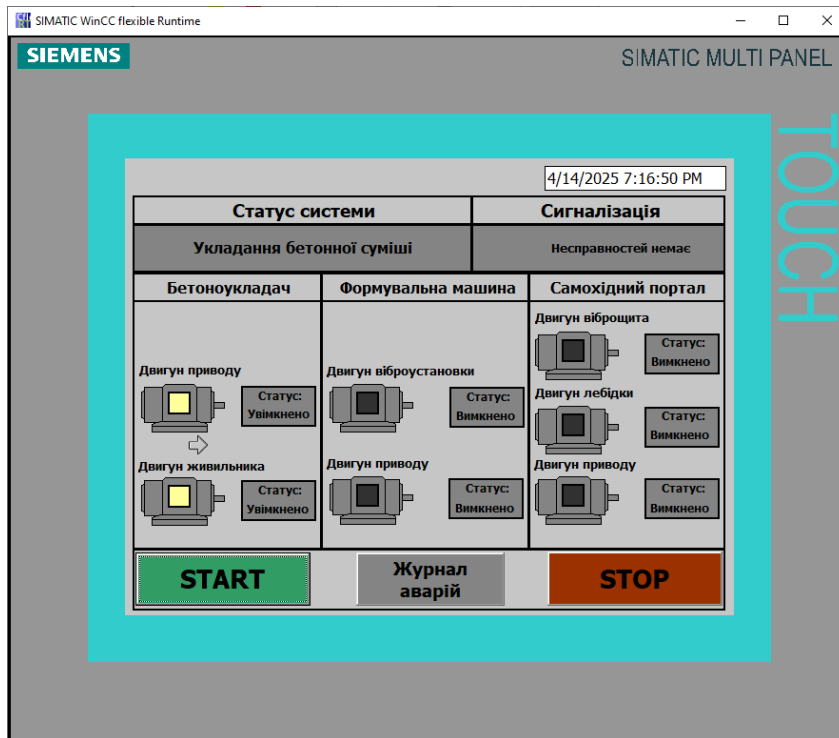


Рисунок 4.6 – Відображення роботи приводу бетоноукладача

Таким же самим чином показана робота формувальної машини на етапах встановлення формувальної машини у робоче положення, ущільнення нижнього шару суміші та повернення у початкове положення. Приклад роботи формувальної машини показано на рисунку 4.7.

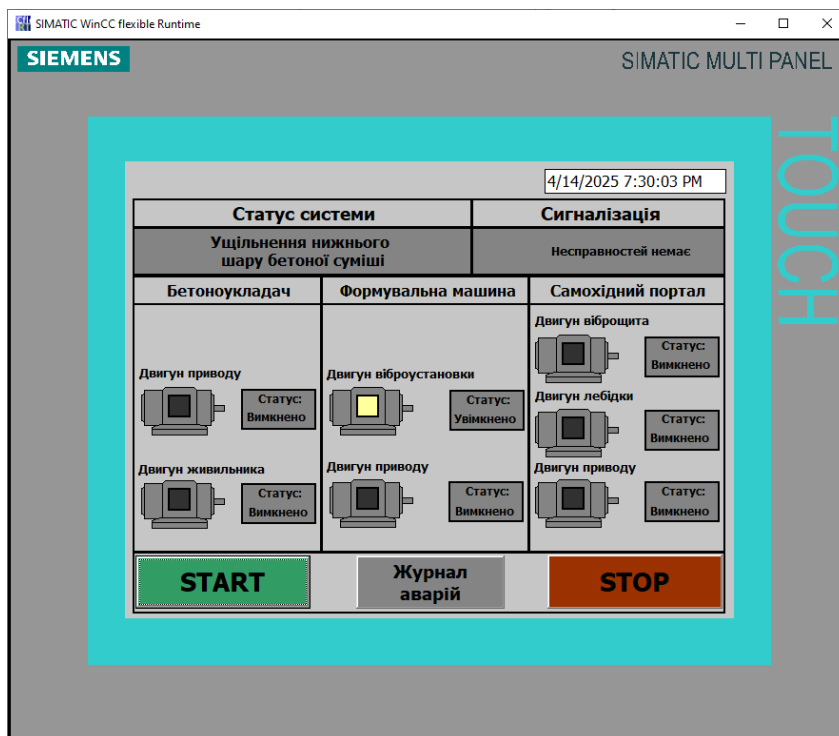


Рисунок 4.7 – Відображення роботи віброустановки формувальної машини

Аналогічно відображається робота самохідного порталу на етапах встановлення, опускання та підймання віброщита, а також ущільнення верхнього шару суміші віброщитом. Приклад відображення роботи самохідного порталу показано на рисунку 4.8.

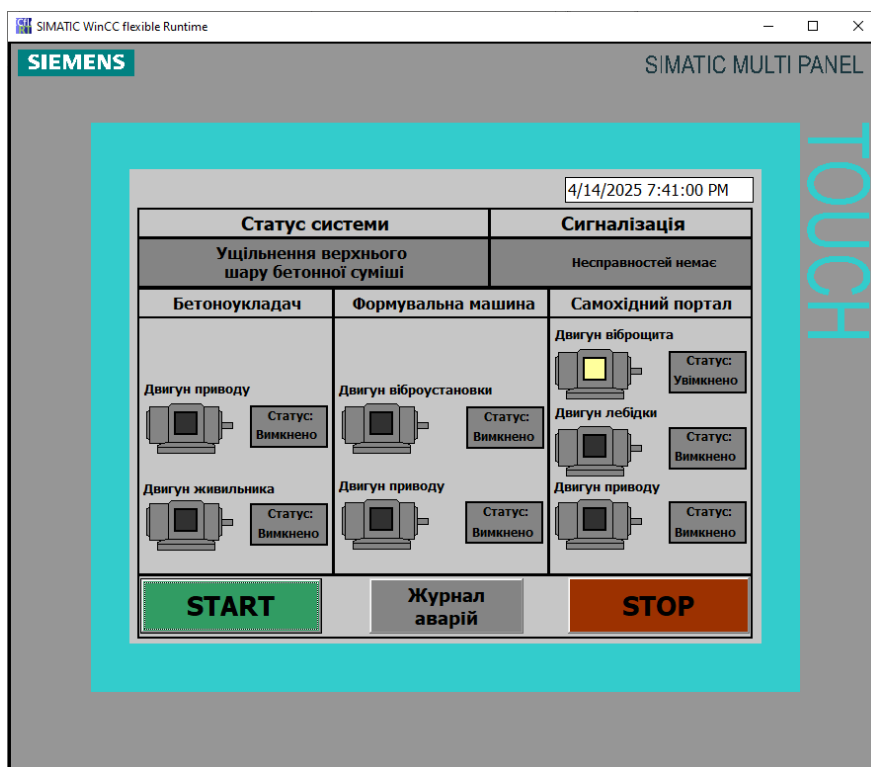


Рисунок 4.8 – Відображення роботи віброщита самохідного порталу

У випадку виникнення нештатної ситуації передбачена зупинка по натисканню на кнопку “стоп”. Розроблена система передбачає можливість аварійної зупинки в результаті несправності одного з задіяних кінцевих вимикачів на рисунку 4.9 представлено приклад сигналізації.

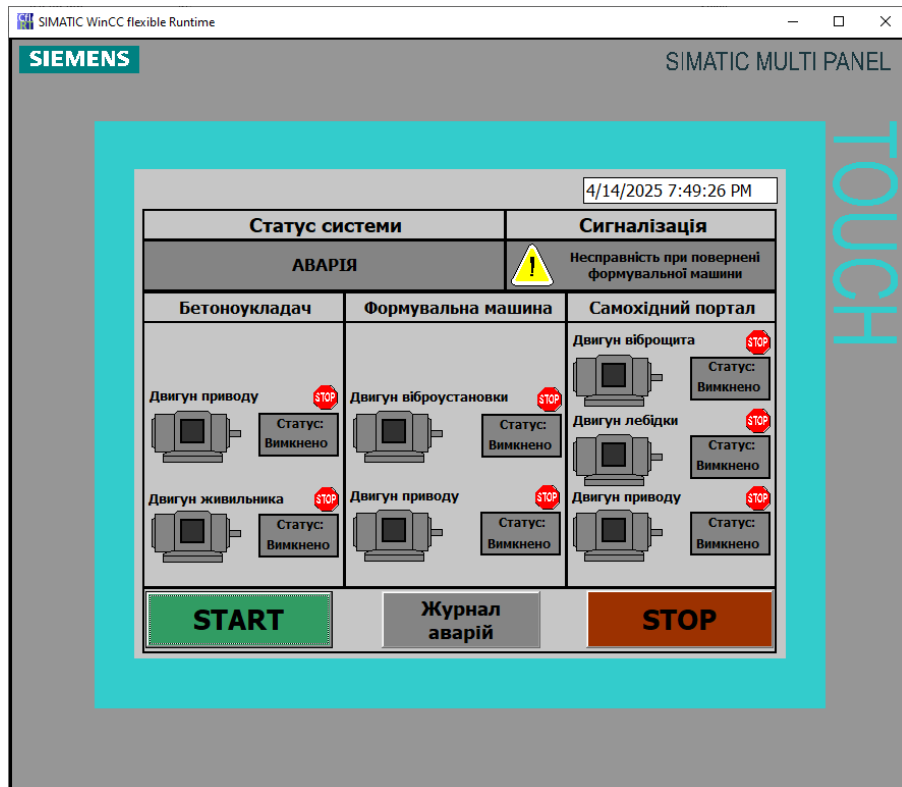


Рисунок 4.9 – Сигналізація про несправність

Інформація про аварійну ситуацію відображається у журналі аварій. Приклад журналу аварій з несправностями зображено на рисунку 4.10.

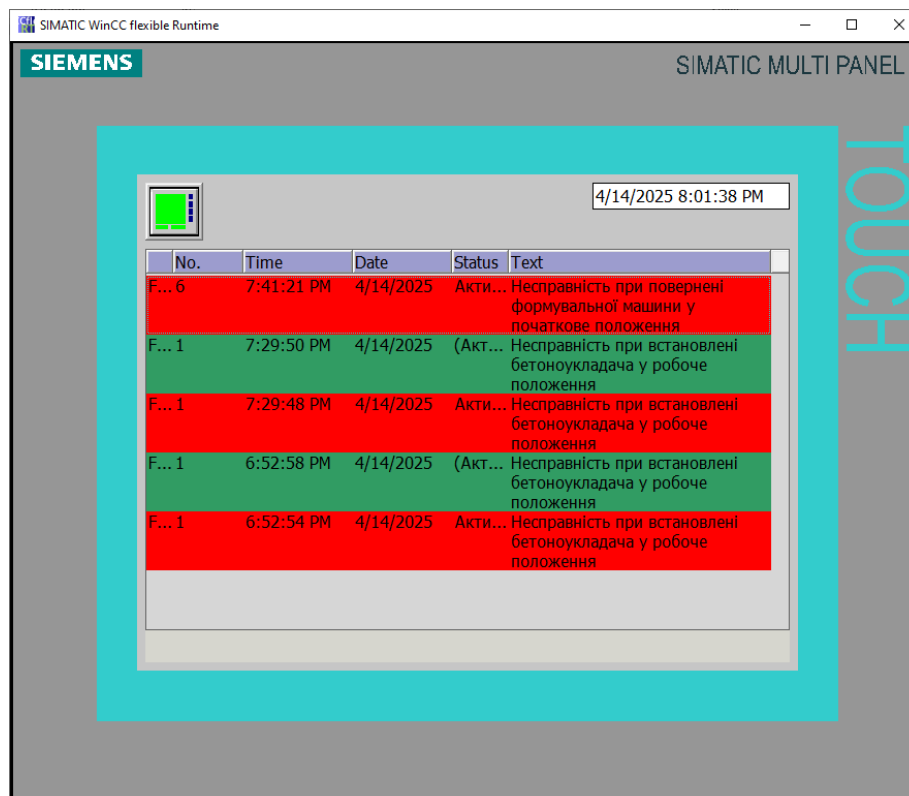


Рисунок 4.10 – Приклад відображення аварій у журналі

Розділ 5

					Автоматизована система управління бетоноукладачем			
			Підпис	Дата				
Розробив					Конструкторська частина	Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив							58	
Н. Контр.						КНУБА, АКІТс-22		
Затвердив								

5 Конструкторська частина

5.1 Розробка монтажною схемою щита автоматики

На монтажній схемі щита автоматики зображено прилади та елементи системи автоматизації, які безпосередньо розміщуються у щиті, а також клеми для підключення зовнішніх пристроїв і введення живлення. Дана схема є основою для побудови електромонтажної частини автоматизованої системи та дає змогу зрозуміти взаємозв'язок між усіма компонентами системи. Щит автоматики виконує функцію централізованого вузла керування.

Схема щита автоматики умовно поділяється на дві основні частини: керуючу (логічну) та силову. У керуючій частині знаходиться центральний процесорний блок CPU312, який виконує обчислювальні функції та реалізує логіку роботи системи. Разом із ним у щиті встановлено блок живлення PS307, який забезпечує напругою 24В усі елементи керуючої частини, комунікаційний модуль CP343-1, що забезпечує підключення до мережі Industrial Ethernet для обміну даними між контролером та панеллю оператора. Також у щиті встановлено модуль дискретних входів/виходів SM323, що дозволяє контролеру приймати сигнали з датчиків і подавати сигнали на виконавчі механізми. Всі ці модулі зображено у вигляді прямокутників та з'єднано між собою спеціальним шинним роз'ємом, що розташований позаду контролера.

До входів модуля SM323 під'єднано клеми, на які надходять сигнали з дискретних датчиків положення GE1 – GE7 типу SIEMENS 3SE5112-0BE01, а також кнопок керування SB1 та SB2. На виходи цього ж модуля підключено котушки магнітних пускачів. Уся керуюча частина працює з безпечною напругою 24 В та забезпечує реалізацію логіки керування відповідно до алгоритму, закладеного у програмне забезпечення контролера.

Силова частина щита призначена для підключення та комутації виконавчих механізмів – електродвигунів. До неї входять силові контакти магнітних пускачів та відповідні клеми для підключення трифазних електродвигунів. Елементи силової частини працюють з напругою 380 В, тому до їх проєктування та монтажу пред'являються підвищені вимоги з електробезпеки.

Монтажна схема щита автоматики представлена у додатку Б.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

5.2 Розробка схеми зовнішніх з'єднань

На схемі зовнішніх з'єднань зображено прилади, що знаходяться поза щитом автоматики і підключаються до нього, та марка кабелів, що використовуються для підключення даних приладів. Щит зображено у вигляді прямокутника, до якого графічно під'єднано засоби автоматизації. У верхній частині схеми знаходяться датчики положення та кнопки, у нижній частині виконавчі механізми – двигуни.

Вибір силових кабелів для підключення двигунів здійснюється за таблицею 5.1, у якій наведено допустимі струмові навантаження на мідний кабель за нормами ПУЕ.

Таблиця 5.1

Переріз кабелю мм ²	Відкрите прокладання			Прокладання в трубі		
	струм, А	кВт		струм, А	кВт	
		220	380		220	380
0,5	11	2,4	-	-	-	-
0,75	15	3,3	-	-	-	-
1	17	3,7	11	14	3	9
1,5	23	5	15	15	3,3	9,7
2,5	30	6,6	19	21	4,6	13,6
4	41	9	26	27	5,9	17,4
6	50	11	32	34	7,5	22
10	80	17,6	52	50	11	32
16	100	22	65	80	17,6	52
25	140	30,8	90	100	22	65
35	170	37	100	135	29,7	87,2

Кабель живлення прокладено у трубі, максимальна потужність, яка комутується магнітними пускачами одночасно у процесі роботи, не перевищуватиме 22кВт. Передбачається, що кабель не буде деформуватися у процесі експлуатації. Отже, згідно з таблицею та експлуатаційними умовами, було обрано кабель ВВГ4х6.

Кабелі для підключення двигунів прокладено для захисту у трубі. Передбачається, що кабелі для підключення двигунів у процесі роботи системи будуть згинатися при переміщенні обладнання.

Для живлення двигуна М1 максимальна потужність, яка буде передаватися по кабелю дорівнює 20кВт. Згідно з даними експлуатаційним умовам, було обрано кабель ШВВП3х6.

Потужність для живлення двигуна М2 не перевищує 15кВт отже, обрано кабель ШВВП3х4.

Для живлення двигунів М3 - М7 потужність для кожного двигуна не перевищує 7,5кВт, тому обрано кабель ШВВП3х1.

Для підключення датчиків та кнопок обрано кабель ШВВП2х0,35, оскільки струм при комутації даних пристроїв дуже низький.

Схема зовнішніх з'єднань представлена у додатку В

5.3 Розробка ескізу щита автоматики

На ескізі щита автоматики представлено загальний вигляд розміщення елементів, що входять до складу автоматизованої системи керування, а також геометричні параметри самого щита. Щит виконано у вигляді прямокутної конструкції з металевих листів зі стандартними габаритами 400х600 мм та внутрішньою глибиною 250 мм. Металева конструкція забезпечує жорсткість та захист електричних компонентів від механічних пошкоджень і зовнішнього впливу.

Враховуючи особливості прокладання кабелів та зручність підключення зовнішніх пристроїв, доцільно передбачити нижнє підключення у щиті. У нижній частині щита розташовано клеми, до яких підводяться проводи від датчиків, кнопок керування, двигунів та джерела живлення. Така організація підключення забезпечує зручність при монтажі та обслуговуванні.

Оскільки щит автоматики встановлюється безпосередньо у виробничому приміщенні, де розміщене обладнання лінії формування залізобетонних плит, необхідно враховувати умови експлуатації. Такі приміщення, як правило, мають підвищений рівень запиленості та вологості, що створює додаткові ризики для електрообладнання. У зв'язку з цим корпус щита повинен мати захист від пилу та вологи відповідно до класу захисту не нижче IP54.

Ескіз щита автоматики представлено у додатку Г.

						Арк.
						61
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 6

					Автоматизована система управління бетоноукладачем		
			Підпис	Дата			
Розробив					Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив						62	
					КНУБА, АКІТс-22		
Н. Контр.							
Затвердив							

6 Охорона праці

6.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

У рамках роботи було проведено аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які можуть виникати під час експлуатації автоматизованої системи управління процесом формування багатопустотних бетонних плит. Основною метою такого аналізу є виявлення потенційних загроз для здоров'я працівників, своєчасне впровадження заходів безпеки та дотримання чинних нормативних вимог у сфері охорони праці.

Результати аналізу були систематизовані у вигляді таблиці, в якій зазначено виробничі фактори та відповідні нормативні документи, що регламентують допустимі рівні впливу та заходи захисту.

Таблиця 6.1

Виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
Електричний струм	Обслуговування виробничих установок, освітлення, робота з електронно-обчислювальними машинами	380В 220В 24В	НПАОП 40.1-1.21-98 ПУЕ -2017 НПАОП 40.1-1.32-01 НПАОП 40.1-1.01-97
Підвищений рівень шуму та вібрації	Робота виробничих установок	Шум: 70-80дБ Вібрація Y - 0,04м/с	ДСН 3.3.6.037-99 ДСН 3.3.6.039-99
Підвищена запиленість робочої зони	Особливості технологічного процесу	ГДК цементного, кам'яного пилу: 0,15 мг/м ³	ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 ДСТУ Б В.2.7-46:2010

Напруга зорових органів, монотонність праці, значний обсяг інформації	Робота оператора системи управління	15хв перерви через кожні 120хв роботи	ДСанПіН 3.3.2.007-98 НПАОП 0.00-1.28-10
Освітленість	Робота оператора та іншого персоналу Робочої зони цеху Евакуаційних виходів	300-500Лк 400-500Лк 50Лк	ДБН В.2.5-28-2018
Мікроклімат	Робота оператора та іншого персоналу	Температура, t°С, 20-23 вологість, f %, 60 - 40 рухливість повітря, v м/с, 0,1 – 0,3	ДСН 3.3.6.042-99
Пожежна безпека	Експлуатація і ремонт виробничих установок	К _{п/б} : II К _{вог} : В	ДСТУ Б В.1.1.-36:2016 НАПБ В.01.056-2013/111 ДБН В.2.5-56:2014 ДСТУ EN ISO 7010:2019
Атмосферна електрика	Захист будівель від блискавки	К _{кат} : II	ДСТУ EN 62305-3:2012

6.2 Огляд визначених виробничих факторів

Електричний струм

Електробезпека — це система організаційних, технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Причини виникнення електротравм

Електротравма — це травма, що виникає при дії електричного струму на організм. Електричні травми виникають внаслідок дії технічного або атмосферного електричного струму. Як свідчить статистика, більшість нещасних випадків, які фіксуються при обслуговуванні електрообладнання, трапляється через організаційні причини.

Основними причинами електротравматизму на виробництві є:

- випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування;
- використання несправних ручних електроінструментів;
- робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань;
- доторкання до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження чи пробоя ізоляції;
- недотримання правил будови, улаштування, безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів.

Негативна дія електроструму призводить до електротравм, які поділяють на два види: місцеві електротравми — локальне ушкодження організму потерпілого та загальні — коли уражається весь організм унаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів.

До місцевих електричних травм належать:

- електричні опіки — теплове ураження шкіри, м'язів, нервів тощо;
- електричні знаки — плями сірого чи блідо-жовтого кольору у вигляді мозоля на поверхні шкіри в місці її контакту зі струмовідними частинами;
- металізація шкіри — проникнення у верхні шари шкіри дрібних частинок металу, що розплавившись внаслідок дії електричної дуги;
- механічні ушкодження — розриви шкіри, кровоносних судин, нервових тканин тощо;
- електрофтальмія — ураження очей внаслідок дії ультрафіолетових випромінювань електричної дуги.

Найбільш небезпечним видом електротравм є електричний удар — раптове збудження живих тканин організму внаслідок дії електроструму, яке супроводжується судомним скороченням м'язів.

Засоби захисту від ураження електричним струмом

Захисні засоби — це прилади, апарати і переносні пристосування, які мають своєю ціллю захист персоналу, який працює поблизу електроустановок, від ураження електричним струмом, електричною дугою тощо.

Відповідно до пункту 1.7.55 глави 1.7 розділу 1 ПУЕ для запобігання ураженню електричним струмом за відсутності пошкодження слід застосовувати окремо або в поєднанні такі заходи захисту, як:

- ізоляція струмопровідних частин;
- огорожі та оболонки;
- бар'єри;
- розміщення поза зоною досяжності;
- обмеження сили струму.

В електроустановках напругою до 1000 В до основних електрозахисних засобів належать:

- ізолювальні штанги;
- ізолювальні кліщі;
- електровимірювальні кліщі;
- показчики напруги;
- діелектричні рукавички;
- інструмент з ізолювальним покриттям;
- захисне заземлення.

Шум та вібрація

Шум - це сукупність звуків різної інтенсивності і частоти, що виникають внаслідок коливальних процесів і безладно змінюються протягом часу.

Шум, як фізичне явище, - хвильові коливання матеріальних тіл. Звукова хвиля характеризується: амплітудою, частотою коливань, силою звуку, звуковим тиском. Будь-які механічні коливання у діапазоні частот 20-20000Гц сприймаються органом слуху людини як звук. Коливання частотою понад 20000Гц називають ультразвуком, а нижче 16 Гц - інфразвуком. Поріг дискомфорту (біль у вусі) відповідає звуковому тиску понад 120 дБ. Шум з рівнем звукового тиску до 30 – 35 дБ не турбує людину. Підвищення рівня звукового тиску до 40 – 70 дБ зумовлює значне навантаження на нервову систему, спричиняючи погіршення самопочуття, зниження продуктивності розумової праці. Вплив шуму з рівнем понад 75 дБА протягом тривалого часу викликає погіршення слуху. При дії шуму з високим рівнем (понад 140 дБ) можуть статися розрив барабанних перетинок, контузія, а при шумі з вищим рівнем (понад 160 дБ) може настати смерть. Постійний вплив шуму на органи слуху може призвести до стійкої втрати слуху.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

ДСН 3.3.6-037-99 регламентують граничні величини шуму на робочих місцях:

1) нормування за граничними спектрами.

У стандартних октавних смугах частот установлюються припустимі рівні звукового тиску в залежності від характеру виконуваних робіт і характеру шуму.

2) нормування за рівнем звуку.

Виходячи з гігієнічних нормативів, витікає, що знижувати потрібно не будь-яку акустичну активність машини, а тільки ту, яка шкідливо впливає на організм людини, тобто за рівнем, вищим за гранично допустимий норматив.

Основні методи зниження шуму:

зниження шуму в джерелі його виникнення;

звукоізоляція;

екранування;

будівельно-акустичні заходи.

Захист працюючих від шуму можна забезпечувати, як колективними засобами та методами, так і індивідуальними. Важливо знати, що колективні засоби захисту діляться на засоби, що знижують шум в його джерелі, та засоби, що знижують шум на шляху його розповсюдження від джерела до об'єкту, який захищають.

Засоби і методи колективного захисту від шуму поділяються на архітектурно - планувальні, організаційно - технічні методи і акустичні засоби.

При неможливості знизити рівень виробничого шуму нижче встановлених гігієнічних норм застосовують протишумові засоби індивідуального захисту: навушники, що закривають раковину вуха зовні, вкладиші, що закривають слуховий канал; шлеми і каски, а також костюми.

Вібрація – процес розповсюдження в пружних тілах механічних коливань з амплітудою 0,003 ...0,5 мм. Вібрація приводить в коливальний рух тіло людини. Особливо шкідливими для людини є коливання з резонансними частотами 6 ... 9 Гц. Розрізняють вібрацію загальну і місцеву.

- загальна вібрація викликає тремтіння всього тіла людини;

- місцева – надає коливального руху лише окремим частинам тіла (руки, передпліччя, ноги).

Систематична дія на людину загальних вібрацій може бути причиною вібраційної хвороби. Локальні вібрації викликають деформацію та зменшення рухливості суглобів.

Для санітарного нормування і контролю вібраційного навантаження використовують середньоквадратичні значення віброприскорення чи віброшвидкості, а також їх логарифмічні рівні в децибелах (дБ).

Нормований діапазон частот встановлюється :

- для локальної вібрації у вигляді октавних смуг із середньо-геометричними значеннями частот від 1 до 1000 Гц;
- для загальної вібрації – октавних і 1/3 октавних смуг із середньо-геометричними частотами від 8 до 80 Гц.

Час дії на працівників вібрації, який вимірюється в хвилинах або годинах, приймається як неперервний чи сумарний.

Охорона праці передбачає заходи для запобігання впливу виробничої вібрації на здоров'я працівників. Загалом їх можна об'єднати у дві групи: організаційно-технічні та лікувально-профілактичні заходи.

До організаційно-технічних заходів належать:

зменшення вібрації у джерелі виникнення конструктивними і технологічними методами при розробці нових та модернізації наявних машин; зменшення вібрації на шляху розповсюдження засобами віброізоляції та вібропоглинання.

своєчасне проведення планового та попереджувального ремонту машин з обов'язковим післяремонтним контролем вібраційних характеристик.

Комплекс лікувально-профілактичних заходів передбачає:

професійні і профілактичні огляди;

режим праці;

використання засобів індивідуального захисту від шуму і вібрації.

Виробничий пил

Виробничий пил– це суспензія твердих дрібнодисперсних частинок різного походження, що витають у повітрі робочої зони. Він може бути органічного або неорганічного походження, а його розмір коливається від часток, видимих неозброєним оком, до мікроскопічних частинок, які можна побачити тільки під електронним мікроскопом. Пил може чинити на людину фіброгенний вплив, через що у легенях спостерігається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Шкідливість виробничого пилу зумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень, у першу чергу, пневмоконіози. Уражаюча дія пилу, в основному, визначається його токсичністю та особливістю дії на організм людини, концентрацією, дисперсністю (розміром) частинок пилу, їх формою та твердістю, волокнистістю, питомою поверхнею.

						Арк.
						68
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливої речовини у повітрі робочої зони розуміють таку максимальну концентрацію даної речовини, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 год чи іншої тривалості (але не більше 40 год на тиждень) не призводить до зниження працездатності й захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не чинить несприятливого впливу на здоров'я нащадків.

Для захисту працівників від шкідливого впливу виробничого пилу необхідно вживати заходів як колективного, так і індивідуального захисту.

Заходи колективного захисту спрямовані на зменшення концентрації пилу в повітрі робочої зони. До них належать:

-вентиляція – це найефективніший спосіб знизити концентрацію пилу в повітрі. Вона може бути загальнообмінною (припливно-витяжною) або місцевою (відсмоктування пилу безпосередньо з місця його виділення)

-засоби локальної відтяжки – це пристрої, які відсмоктують пил безпосередньо з місця його виділення. До них належать аспіраційні столи, витяжні шафи, витяжні зонти тощо

-автоматизація та герметизація виробничих процесів – це заходи, які дозволяють звести до мінімуму контакт працівників з пилом.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) застосовуються, коли заходи колективного захисту не забезпечують належного рівня безпеки. До ЗІЗ від пилу належать:

-респіратори – це пристрої, які захищають дихальні шляхи від вдихання пилу. Респіратори бувають різних типів, які відрізняються за конструкцією, матеріалом виготовлення та ступенем захисту

-захисні окуляри – захищають очі від пилу

-захисний одяг – захищає шкіру від пилу. Захисний одяг може бути комбінезоном, халатом, костюмом тощо.

Робота оператора

Організація робочого місця оператора:

Робоче місце оператора — це місце в системі “людина—техніка”, оснащене засобами відображення інформації, органами керування і допоміжним обладнанням, на якому здійснюється його трудова діяльність.

Правильна організація робочого місця передбачає розв'язання таких основних завдань:

- вибір раціональної робочої пози;
- раціональне розміщення індикаторів і органів керування у відповідності з їх важливістю і частотою користування в межах поля зору і зон досягання;
- забезпечення оптимального обзору робочого місця;
- відповідність конструкції технічних пристроїв і робочих меблів антропометричним, фізіологічним і психологічним характеристикам людини;
- відповідність інформаційних потоків можливостям людини щодо сприймання і переробки інформації;
- забезпечення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці;
- забезпечення умов для відпочинку оператора в процесі роботи.

Оснoву робочого місця оператора здебільшого складає пульт управління. Він може бути фронтальної, трапецеподібної або багатокутникової форми.

Фронтальна форма пультів застосовується тоді, коли є можливість розмістити всі органи керування в межах максимальної та допустимої зон досягання, а індикатори — в межах зони центрального і периферійного бачення.

Трапецеподібна форма пультів використовується в тих випадках, коли органи керування і індикатори неможливо розмістити на пульті фронтальної форми. У цьому разі вони частково розміщуються на бокових панелях під кутом 90...120° відносно фронтальної панелі.

Монітор встановлюють таким чином, щоб відстань від поверхні екрана до очей користувача була в межах 600-700 мм залежно від розміру екрана. Найбільш раціональним є розташування екрану перпендикулярно до лінії зору оператора.

Робоче крісло співробітника має бути підйомно-поворотним, легко регульованим за висотою та забезпечувати належну підтримку та зручне положення спини і хребта людини.

У приміщеннях для роботи ПК необхідно проводити щоденне вологе прибирання та регулярне провітрювання протягом робочого дня. Видалення пилу з екрану необхідно проводити не рідше 1 разу на день.

Освітленість

В умовах виробництва застосовують природне, штучне і комбіноване.

Природне освітлення зумовлюють прямі сонячні промені й дифузне світло небосхилу. Природне освітлення поділяється на: бокове (одно – або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах;

									Арк.
									70
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

верхнє – через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з урахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення).

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах з високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний в процесі роботи напрямок світла. Для місцевого освітлення робочих місць слід використовувати світильники з непросвічуючими відбивачами. Світильники повинні розташовуватися так, щоб їх елементи, які світяться, не влучали в поле зору працюючих на освітленому робочому місці і на інших робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Нормативні величини освітленості робочих місць для різних видів робіт та відповідних зорових навантажень визначаються ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення». Під робочою поверхнею, як об'єкта для нормування рівнів освітленості, розуміють поверхню робочого столу, верстака, частини обладнання, або інструмента, на якій проводиться робота та для якої нормується або на якій вимірюється освітленість.

Мікроклімат

В процесі трудової діяльності людина перебуває у тепловій взаємодії з виробничим середовищем. За оптимальних мікрокліматичних умов в організмі працівника, завдяки терморегуляції, підтримується постійна температура тіла (36,6 °С). Кількість тепла, що утворюється в організмі, залежить від фізичного навантаження працівника, а рівень тепловіддачі — від мікрокліматичних умов виробничого середовища. Віддача тепла здійснюється за допомогою випромінювання та випаровування вологи з поверхні шкіри. Чим нижча температура повітря і більша швидкість його руху, тим більше тепла віддається організмом. При високій температурі повітря значна частина тепла втрачається випаровуванням. Разом з потом організм втрачає воду, вітаміни, мінеральні солі. Таким чином, внаслідок зневоднювання, порушується обмін речовин. Тому працівники «гарячих» цехів повинні забезпечуватись газованою підсоленою водою.

Вологість повітря істотно впливає на самопочуття та працездатність. Через високу вологість зменшується віддача тепла за допомогою випаровування. Зниження вологості покращує процес тепловіддачі. Однак, і надто низька вологість викликає висихання слизових оболонок дихальних шляхів. Для забезпечення допустимих параметрів мікроклімату на виробництві впроваджується механізація важких робіт, обов'язкова наявність припливно-втяжної вентиляції з механічним спонуканням, а також додатково, кондиціонування повітря. У відповідності до ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», фізіологічно оптимальна відносна вологість становить 40–60%, допустиме значення не більше 75%.

Верхньою межею терморегуляції людини, що знаходиться у стані спокою, прийнято вважати 30–31 °С при відносній вологості 85% або 40 °С при відносній вологості 30%. При виконанні важкої фізичної праці ця межа значно нижча, рівновага (комфортні умови) зберігається при температурі повітря 12–14 °С.

Оптимальні мікрокліматичні умови — це комплекс мікрокліматичних чинників, які в умовах тривалої та систематичної дії на людину створюють комфортні теплові відчуття та збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції.

Допустимі мікрокліматичні умови — комплекс мікрокліматичних чинників, які в умовах тривалої та систематичної дії на людину можуть викликати дискомфортні відчуття та зміни теплового стану організму, однак вони швидко минають і нормалізуються за рахунок напруження механізмів терморегуляції в межах фізіологічних пристосувальних можливостей.

Комфортне самопочуття працюючого забезпечується відповідним співвідношенням температури, відносної вологості і швидкості руху повітря.

Пожежна безпека

Пожежна безпека — це відсутність неприпустимого ризику виникнення і розвитку пожеж та пов'язаної з ними можливості завдання шкоди живим істотам, матеріальним цінностям і довкіллю.

Загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, споруд різного призначення та прилеглих до них територій, іншого нерухомого майна, обладнання, устаткування, що експлуатуються, будівельних майданчиків, а також під час проведення робіт з будівництва, реконструкції, реставрації, капітального ремонту, технічного переоснащення будівель та споруд встановлюють Правила пожежної безпеки України.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

Центральні органи виконавчої влади з урахуванням специфічних умов та особливостей щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів, віднесених до їх сфери управління, за необхідності можуть видавати галузеві правила пожежної безпеки. Проекти таких галузевих правил погоджуються ДСНС України.

Пожежна безпека входить у комплекс заходів з охорони праці. Забезпечення пожежної безпеки на підприємстві передбачає здійснення таких заходів:

- проведення оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій та забезпечення виконання заходів у сфері цивільного захисту;
- навчання працівників правилам пожежної безпеки;
- проведення об'єктових тренувань і навчань;
- здійснення за власні кошти заходів цивільного захисту;
- створення і використання матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- розроблення заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, впровадження досягнень науки, позитивного досвіду;
- забезпечення виконання вимог законодавства у сфері пожежної безпеки, а також виконання вимог відповідних приписів, постанов та розпоряджень центрального органу виконавчої влади;
- утримання у справному стані засобів цивільного та протипожежного захисту, недопущення їх використання не за призначенням;
- здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж.

Для кожного приміщення об'єкта або групи його приміщень однакового призначення мають бути розроблені та затверджені керівником об'єкта або уповноваженою ним посадовою особою інструкції про заходи пожежної безпеки. Ці інструкції мають вивчатися під час проведення протипожежних інструктажів, проходження навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму, а також в системі виробничого навчання і вивіщуватися на видимих місцях.

Атмосферна електрика

Атмосферна електрика – особливий вид електричних зарядів, що нагромаджуються і розподіляються на хмарах внаслідок аеродинамічних і термічних процесів в атмосфері.

Блискавка – електричний розряд в атмосфері між зарядженими хмарою і землею, між хмарами, що мають різнойменний заряд.

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

Довжина каналу блискавки може досягти кількох кілометрів з потенціалом від 10^6 до 10^9 В. Внаслідок розряду на землю по каналу блискавки протікає струм силою до 230 – 250 кА, створюючи температуру більш як 30 000 °С. Такі розряди мають високу пожежну небезпеку. Щосекунди земну кулю уражують в середньому більше 100 блискавок. Питома вага пожеж, що виникають від ураження блискавками, складає біля 1%. Розрізняють первинні (прямий удар) і вторинні прояви блискавки.

Прямий удар блискавки – це безпосередня дія блискавки на будівлю, споруду, тварину, людину, дерево, що супроводжується електричним, тепловим та механічним ефектами.

Вторинний прояв характеризується появою наведених потенціалів під час близьких розрядів блискавки на металевих елементах конструкцій, в незамкнених металевих контурах, які можуть викликати іскріння всередині будівель, споруд і тим самим ініціювати пожежу чи вибух.

Блискавкозахист – це система захисних заходів від блискавок, які гарантують безпеку людей, збереження будівель і споруд, обладнання та матеріалів від вибухів, загорання й руйнування. Найпростішими і надійними способами захисту від блискавки є створення блискавковідводів (громовідводів). Вони бувають стержневі, тросові (антени), сітчасті і комбіновані.

Будь-який блискавковідвід складається з блискавкоприймача, який безпосередньо сприймає удар блискавки; несучої опори, на якій розташовують блискавкоприймач; струмопроводу, яким струм блискавки стікає на землю; заземлювача, який забезпечує розтікання струму блискавки в землі.

Блискавкоприймачі виготовляють зі сталі довжиною 1 – 1,5 м і площею поперечного розрізу не менше 100 мм.

Струмопроводи виготовляють зі сталюгого дроту діаметром не менше 6 мм.

Заземлювачі роблять з металевих труб, кутників або стержнів аналогічно до заземлювачів електроустановок.

Зона захисту громовідводу – це частина простору, всередині якого будівлі, споруди та інші об'єкти захищені від ударів блискавки з певним рівнем надійності 95% (тип Б) і понад 99% (тип А). Розкид зони захисту блискавковідводу визначають за спеціальними формулами.

Захист від електростатичної індукції (вторинний прояв блискавки) здійснюється приєднанням устаткування до заземлювача для відведення електростатичних зарядів в землю. Захист від занесення високих потенціалів у будівлю здійснюється приєднанням до заземлювача металоконструкцій.

Перемички між металоконструкціями в місцях їхнього зближення менше ніж на 10 см зварюють, щоб уникнути проявів електромагнітної індукції та іскри.

Висновок

У даному розділі роботи було проведено огляд основних шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які можуть виникати під час реалізації технологічного процесу формування багатопустотних бетонних плит перекриття, а також визначено заходи щодо запобігання їх негативному впливу на працівників. Зокрема, розглянуто питання використання засобів індивідуального захисту та дотримання вимог нормативно-правових документів у сфері охорони праці, що дозволяє створити безпечні умови праці та зменшити ризики для здоров'я персоналу.

						Арк.
						75
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У результаті виконання випускної атестаційної роботи було розроблено автоматизовану систему керування лінією формування багатопустотних плит з метою модернізації виробництва на основі існуючого обладнання. Актуальність даної роботи полягає в тому, що на сьогоднішній день досить велика кількість виробництв потребує автоматизації існуючих ліній з метою підвищення ефективності виробництва та зменшення прямого втручання людини у виробничий процес. Запропоноване рішення є економічно доцільним, адже не потребує повної заміни обладнання, а лише модернізації керуючої частини, що робить його практичним для впровадження у реальних умовах промислового підприємства.

У розділі I було проведено аналіз технологічного процесу, у який входить загальний огляд методів виготовлення залізобетонних багатопустотних плит, серед яких детально розглянуто та описано опалубний метод формування з використанням віброущільнення, для якого власне і розроблена система автоматизації. Розглянуто основне технологічне обладнання типу СМЖ, яке використовується на лінії формування, а саме бетоноукладач СМЖ-69, формувальну машину СМЖ-227 та самохідний портал з метою визначення їх основних технічних характеристик для подальшого вибору технічних засобів автоматизації. На основі даного аналізу було поставлено задачу проектування та розроблено функціональну схему автоматизації, на якій у спрощеному вигляді зображено обладнання, показано засоби автоматизації та тип входів/виходів програмованого логічного контролера, до яких їх підключено.

У розділі II проведено аналіз ринку програмованих логічних контролерів, в результаті якого для проекту було обрано модульний контролер SIMATIC S7-300 від компанії SIEMENS. До складу якого було запропоновано включити наступні модулі: блок живлення PS307, процесорний блок CPU312, комунікаційний блок CP343-1, модуль входів/виходів SM323. В якості датчиків положення технологічного обладнання було обрано кінцеві вимикачі SIEMENS 3SE5112-0BE01, а також виконавчі механізми, які являють собою магнітні пускачі, що відповідають вимогам потужності обладнання: SIEMENS 3RT2036-1KB40, 3RT2027-1BB40, 3RT2018-1BB42, 3RT2018-1BB41. Для розробки людино-машинного інтерфейсу було обрано панель оператора MP277 Touch, яка підключається до контролера за допомогою протоколу Industrial Ethernet та модуля CP343-1. Розроблено трирівневу структурну схему автоматизації: на першому рівні знаходяться датчики та виконавчі механізми, які підключено до

						Арк.
						76
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

дискретних входів/виходів модуля SM323 контролера; на другому рівні знаходиться сам програмований логічний контролер та його модулі; на третьому рівні знаходиться панель оператора MP277 з людино-машинним інтерфейсом, що підключена до комунікаційного блоку CP343-1.

У розділі III розроблено алгоритм керування системою, на основі якого розроблено програмне забезпечення нижнього рівня на мові програмування STL для програмованого логічного контролера у програмному середовищі Simatic Step7. Працездатність та коректність функціонування програмного забезпечення нижнього рівня доведена в процесі симуляції роботи контролера з застосуванням емулятора контролера у програмному середовищі Simatic Step7.

У розділі IV представлені результати розробки програмного забезпечення верхнього рівня у SCADA WinCC – людино-машинний інтерфейс, який забезпечує керування системою та моніторинг, а також зупинку системи при виявленні аварійної ситуації. Інтерфейс складається з блоків, у яких динамічними графічними елементами та текстовими полями показується стан обладнання у реальному часі. Графічні елементи пов'язані зі змінними у програмі контролера за допомогою тегів, які налаштовуються у середовищі WinCC.

У розділі VI проведено аналіз системи на предмет шкідливих виробничих факторів. На основі даного аналізу складено таблицю, у якій вказано виробничий фактор, його джерело, нормування та нормативно-правові акти, що пов'язані з даним фактором. Також проведено детальний огляд кожного з наведених у таблиці виробничих факторів.

Список використаних джерел

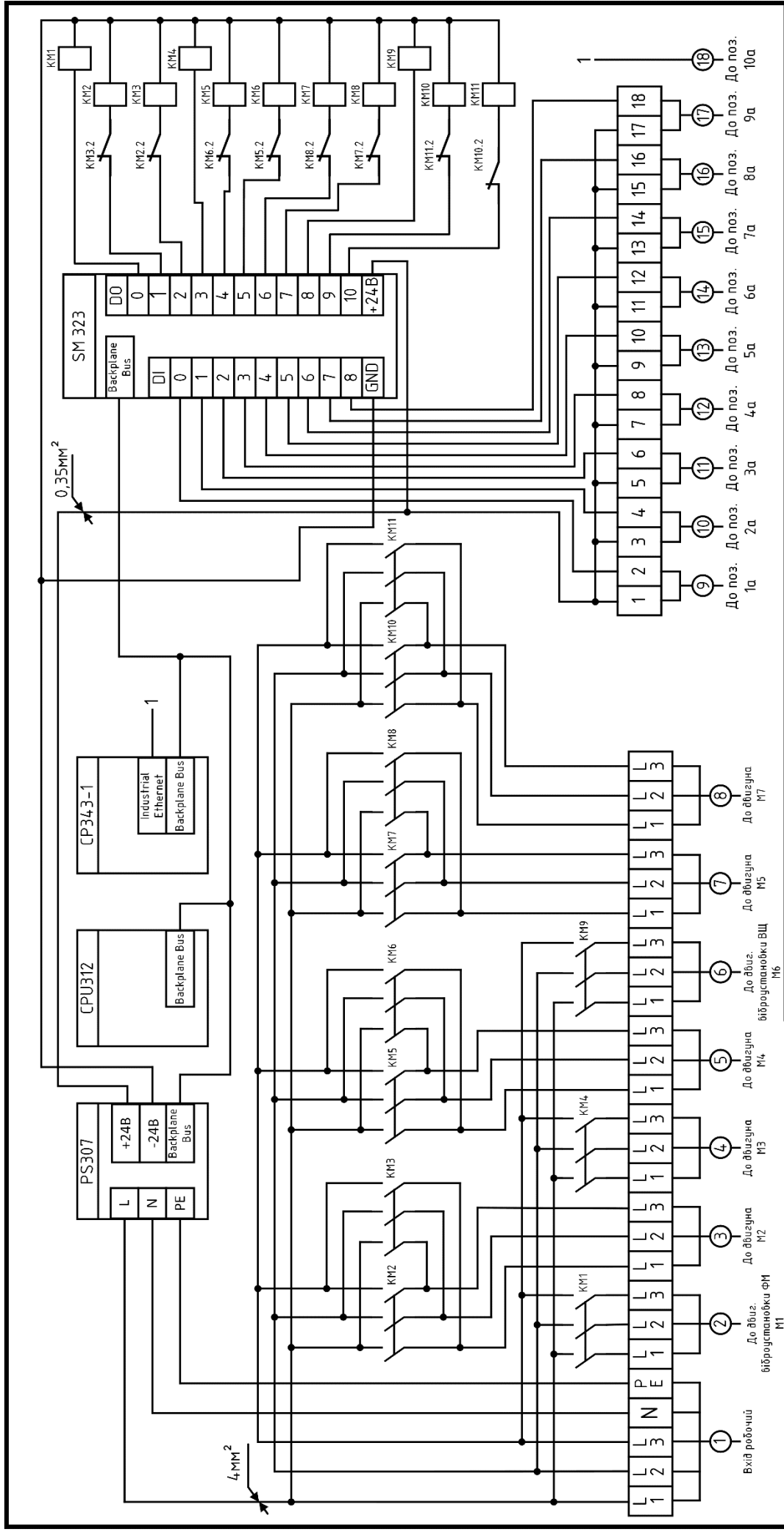
1. Автоматика и автоматизация производственных процессов/Под общ. ред. проф. Нечаева Г. К.-К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985. – 279с.
2. Машинист бетоноукладчика и формовочного оборудывания. Учебник для проф. – техн. училищ и подготовки рабочих на производстве. Изд. 4-е, испр. и доп. М., «Высш. школа», 1974.- 264с.
3. Колодзий И.И. Формование сборных железобетонных изделий и конструкций. – М.: Высшая школа, 1983. – 271 с.
4. Дворкін Л.Й., Безусяк О.В., Дворкін О.Л., Гарніцький Ю.В. Технологія проектування підприємств збірного залізобетону: Навчальний посібник / За ред. проф., д.т.н. Л.Й. Дворкіна, – Рівне: РДТУ, 2001. – 153 с.
5. Пупена О.М., Розроблення людино-машинних інтерфейсів та систем збирання даних з використанням програмних засобів SCADA/HMI. : Навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. — 594 с.
6. 6ES7312-1AE14-0AB0 Data sheet [Електронний ресурс] – SIEMENS. Режим доступу:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7312-1AE140AB0>
7. Getting Started for First Time Users [Електронний ресурс] – SIEMENS. Режим доступу: <https://docs.rs-online.com/7216/0900766b80ba3103.pdf>
8. О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька та А.П. Ладанюк. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах. Київ, Україна. Ліра-К, 2011.
9. Контроль і управління технологічними процесами: навчальний посібник / О. П. Клименко, І. Г. Каюн, А. Р. Шейкус – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019.-179 с
10. Проектування систем керування: Навч. посіб. для студ. вищ. техн. навч. закл. /М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленький. —К. : НТУУ «КПІ», 2014. —344 с. ISBN 978–966–2425–32–1
11. Методичні вказівки до комп'ютерного практикуму по дисципліні "Проектування систем автоматизації". Частина 2. (для студентів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології») / Укл. О. О. Сердюк. - Краматорськ: ДДМА, 2018 – 91 с.
12. HMI device Mobile Panel 277 (WinCC flexible) [Електронний ресурс] – SIEMENS. Режим доступу:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/871/23748871/att_42924/v1/BA_kompakt_MobilePanel277_e.pdf

						Арк.
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

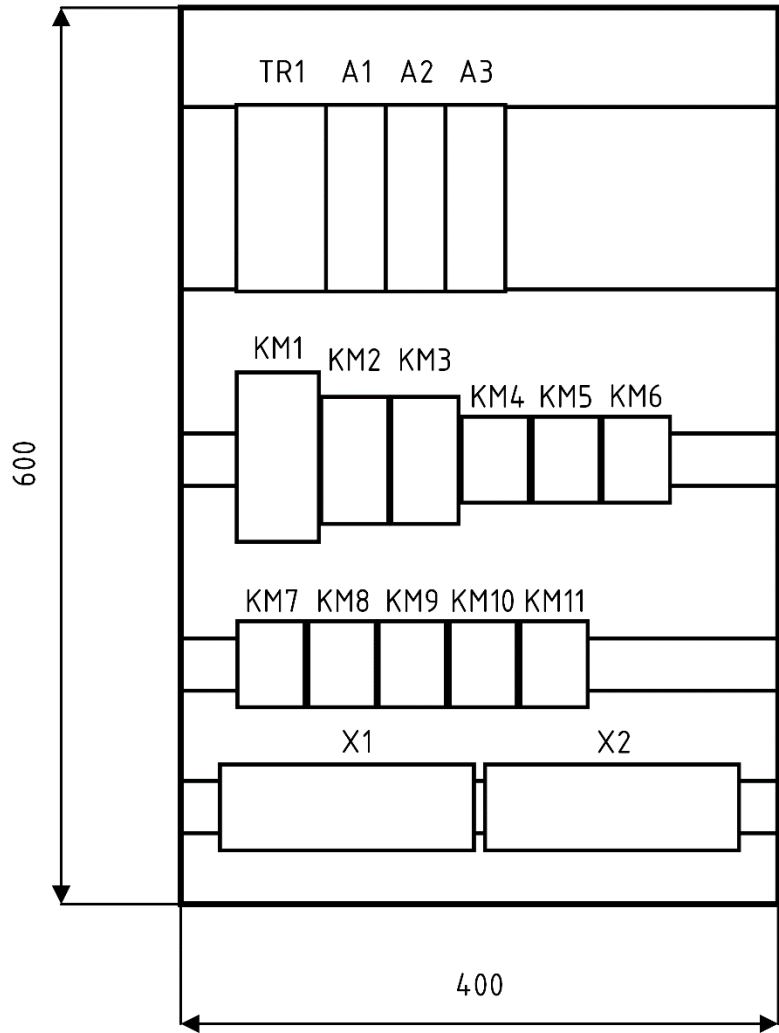
13. WinCC flexible 2008 Compact / Standard / Advanced User's Manual [Електронний ресурс] – SIEMENS. Режим доступу: https://tecogrp.com/wp-content/uploads/Users_Manual_WinCC_flexible_en-US.pdf
14. Programming with STEP 7 Manual [Електронний ресурс] – SIEMENS. Режим доступу:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/107/45531107/att_91661/v1/S7pr___b.pdf
15. S7-PLCSIM V5.4 User Manual [Електронний ресурс] – SIEMENS. Режим доступу: https://www.ieee.hr/_download/repository/PLCsim.pdf
16. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок - [Чинний з 21.07.2017] - Міністерство енергетики та вугільної промисловості України
17. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Чинний з 01.12.1999]. - Міністерство охорони здоров'я України.
18. Електробезпека охорона праці [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://pro-op.com.ua/article/745-elektrobezpeka>
19. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень - [Чинний з 01.12.1999] - Міністерство охорони здоров'я України
20. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. - [Чинний з 01.12.2007] - Мінбуд України

Додатки

					Автоматизована система управління бетоноукладачем			
			Підпис	Дата				
Розробив					Додатки	Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив							80	
Н. Контр.								
Затвердив								
						КНУБА, АКІТс-22		



Кваліфікаційна випускна робота бакалавра	
Автоматизована система управління бетоноукладачем	
Внутрішнє з'єднання	Стадія Лист Листів
Монтажна схема щита автоматики (Додаток Б)	КНУБА каф. АТП. гр. АКІТс-22



				Кваліфікаційна випускна робота бакалавра		
				Автоматизована система управління бетоноукладачем		
		Підпис	Дата			
Розроб.	Кокусяк К.Н				Стадія	Лист
Керів.	Луценко В.Ю					Листів
Н. контр.	Волчков М.В					
				Ескіз щита автоматики (Додаток Г)		
Зав. каф.	Запривода А.В			КНУБА каф. АТП. гр. АКІТс-22		

Network: 1 Запуск процесу

```

A   "FAULT_FLAG"  M0.4      -- Маркер аварійної ситуації
JC  ERR

L   "STAGE_COUNT" MB10      -- Маркер етапу роботи процесу
L   0
==I
JCN S1

O   "SB1"         I4.0      -- Кнопка запуску процесу "ПУСК"
O   "SB1_HMI"     M0.1      -- Кнопка запуску процесу "ПУСК" на панелі оператора
JCN S1

L   "STAGE_COUNT" MB10      -- Маркер етапу роботи процесу
+   1
T   "STAGE_COUNT" MB10      -- Маркер етапу роботи процесу

```

Network: 2 Встановлення бетоноукладача у початкове робоче положення

```

S1: L   "STAGE_COUNT" MB10      -- Маркер етапу роботи процесу
L   1
==I
JCN S2

O   "SB1"         I4.0      -- Кнопка запуску процесу "ПУСК"
O   "SB1_HMI"     M0.1      -- Кнопка запуску процесу "ПУСК" на панелі оператора
A   "GE1"         I4.2      -- Датчик початкового положення формувальної машини
A   "GE2"         I4.3      -- Датчик початкового положення бетоноукладача
A   "GE7"         I5.0      -- Датчик початкового положення самохідного порталу
AN  "TIMER_FLAG" M0.3      -- Маркер для скидання входу таймера
S   "RM5"         Q4.4      -- Пускач двигуна бетоноукладача
L   S5T#10S
SE  T   0
S   "TIMER_FLAG" M0.3      -- Маркер для скидання входу таймера
L   1
T   "M3_HMI"     MB30      -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача

O   "SB2"         I4.1      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
O   "SB2_HMI"     M0.2      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
R   "RM5"         Q4.4      -- Пускач двигуна бетоноукладача
R   "TIMER_FLAG" M0.3      -- Маркер для скидання входу таймера
R   T   0
JC  STOP

AN  T   0
AN  "GE4"         I4.5      -- Датчик початкового робочого положення бетоноукладача
JCN _001
L   W#16#100
T   "FAULT_CODE" MW1      -- Код несправності

R   "RM5"         Q4.4      -- Пускач двигуна бетоноукладача
R   T   0
R   "TIMER_FLAG" M0.3      -- Маркер для скидання входу таймера
S   "FAULT_FLAG" M0.4      -- Маркер аварійної ситуації
JC  ERR
_001: NOP 0

A   "GE4"         I4.5      -- Датчик початкового робочого положення бетоноукладача
JCN S2

R   "RM5"         Q4.4      -- Пускач двигуна бетоноукладача
R   T   0
R   "TIMER_FLAG" M0.3      -- Маркер для скидання входу таймера
L   "STAGE_COUNT" MB10      -- Маркер етапу роботи процесу
+   1
T   "STAGE_COUNT" MB10      -- Маркер етапу роботи процесу
L   0
T   "M3_HMI"     MB30      -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача

```

				Кваліфікаційна випускна робота бакалавра		
				Автоматизована система управління бетоноукладачем		
		Підпис	Дата			
Розроб.	Кокусяк К.Н			Стадія	Лист	Листів
Керів.	Луценко В.Ю					
Н. контр.	Волчков М.В					
				Лістинг програми (Додаток Д)		КНУБА каф. АТП, гр. АКІТс-22
Зав. каф.	Запривода А.В					

Network: 3 Встановлення формувальної машини у робоче положення

```

S2: L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
    L 2
    ==I
    JCN S3

    A "GE1" I4.2 -- Датчик початкового положення формувальної машини
    A "GE4" I4.5 -- Датчик початкового робочого положення бетоноукладача
    A "GE7" I5.0 -- Датчик початкового положення самохідного порталу
    AN "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    L S5T#10S
    SE T 0
    S "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    S "KM2" Q4.1 -- Пускач двигуна формувальної машини
    L 1
    T "M1_HMI" MB20 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу формувальної машини

    O "SB2" I4.1 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
    O "SB2_HMI" M0.2 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
    R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    R T 0
    R "KM2" Q4.1 -- Пускач двигуна формувальної машини
    JC STOP

    AN T 0
    AN "GE3" I4.4 -- Датчик робочого положення формувальної машини
    JCN _002
    L W#16#200
    T "FAULT_CODE" MW1 -- Код несправності
    R T 0
    R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    R "KM2" Q4.1 -- Пускач двигуна формувальної машини
    S "FAULT_FLAG" M0.4 -- Маркер аварійної ситуації
    JC ERR
_002: NOP 0

    A "GE3" I4.4 -- Датчик робочого положення формувальної машини
    JCN S3

    R "KM2" Q4.1 -- Пускач двигуна формувальної машини
    R T 0
    L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
    + 1
    T "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
    R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    L 0
    T "M1_HMI" MB20 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу формувальної машини
  
```

Network: 4 Процедура укладання бетону бетоноукладачем

```

S3: L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
    L 3
    ==I
    JCN S4

    A "GE3" I4.4 -- Датчик робочого положення формувальної машини
    A "GE4" I4.5 -- Датчик початкового робочого положення бетоноукладача
    A "GE7" I5.0 -- Датчик початкового положення самохідного порталу
    AN "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    L S5T#10S
    SE T 0
    S "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    S "KM4" Q4.3 -- Пускач двигуна системи подачі бетоної суміші бетоноукладача
    S "KM5" Q4.4 -- Пускач двигуна бетоноукладача
    L 1
    T "M3_HMI" MB30 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача

    O "SB2" I4.1 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
    O "SB2_HMI" M0.2 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
    R "KM4" Q4.3 -- Пускач двигуна системи подачі бетоної суміші бетоноукладача
    R "KM5" Q4.4 -- Пускач двигуна бетоноукладача
    R T 0
    R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    JC STOP

    AN T 0
    AN "GE6" I4.7 -- Датчик кінцевого робочого положення бетоноукладача
    JCN _003
    L W#16#400
    T "FAULT_CODE" MW1 -- Код несправності
    R T 0
    R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
    R "KM4" Q4.3 -- Пускач двигуна системи подачі бетоної суміші бетоноукладача
    R "KM5" Q4.4 -- Пускач двигуна бетоноукладача
    S "FAULT_FLAG" M0.4 -- Маркер аварійної ситуації
    JC ERR
_003: NOP 0
  
```

Кваліфікаційна випускна робота бакалавра

Автоматизована система управління бетоноукладачем

		Підпис	Дата			
Розроб.	Кокусяк К.Н			Стадія	Лист	Листів
Керів.	Луценко В.Ю					
Н. контр.	Волчков М.В					
				Лістинг програми (Додаток Д)		
Зав. каф.	Запривода А.В					

```

A      "GE6"      I4.7      -- Датчик кінцевого робочого положення бетоноукладача
JCN   S4

R      "KM5"      Q4.4      -- Пускач двигуна бетоноукладача
R      "KM4"      Q4.3      -- Пускач двигуна системи подачі бетоної суміші бетоноукладача
R      T          0
L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
+      1
T      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
L      0
T      "M3_HMI"   MB30      -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача

```

Network: 5 Робота віброустановки формувальної машини

```

S4:   L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
      L      4
      ==I
      JCN   S5

AN    "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
A      "GE3"      I4.4      -- Датчик робочого положення формувальної машини
A      "GE6"      I4.7      -- Датчик кінцевого робочого положення бетоноукладача
A      "GE7"      I5.0      -- Датчик початкового положення самохідного порталу

L      S5T#10S
SE    T      1
A      T      1
=      "KM1"      Q4.0      -- Пускач віброустановки формовочної машини
S      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера

O      "SB2"      I4.1      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
O      "SB2_HMI"  M0.2      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
R      T      1
R      "KM1"      Q4.0      -- Пускач віброустановки формовочної машини
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
JC    STOP

A      T      1
JC    S5

L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
+      1
T      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
R      T      1
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера

```

Network: 6 Повернення бетоноукладача у початкове положення

```

S5:   L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
      L      5
      ==I
      JCN   S6

A      "GE7"      I5.0      -- Датчик початкового положення самохідного порталу
A      "GE6"      I4.7      -- Датчик кінцевого робочого положення бетоноукладача
AN    "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
L      S5T#10S
SE    T      0
S      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
S      "KM6"      Q4.5      -- Пускач реверсу двигуна бетоноукладача
L      2
T      "M3_HMI"   MB30      -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача

O      "SB2"      I4.1      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
O      "SB2_HMI"  M0.2      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
R      "KM6"      Q4.5      -- Пускач реверсу двигуна бетоноукладача
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
R      T      0
JC    STOP

AN    T      0
AN    "GE2"      I4.3      -- Датчик початкового положення бетоноукладача
JCN   _004
L      W#16#800
T      "FAULT_CODE" MW1    -- Код несправності
R      T      0
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
R      "KM6"      Q4.5      -- Пускач реверсу двигуна бетоноукладача
R      T      0
S      "FAULT_FLAG" M0.4    -- Маркер аварійної ситуації
JC    ERR
_004: NOP 0

```

Кваліфікаційна випускна робота бакалавра

Автоматизована система управління бетоноукладачем

Підпис Дата

Розроб.	Кокусяк К.Н			Стадія	Лист	Листів
Керів.	Луценко В.Ю					
Н. контр.	Волчков М.В					
Зав. каф.	Запривода А.В			Лістинг програми (Додаток Д)		КНУБА каф. АТП. зр. АКІТс-22

```

A      "GE2"      I4.3      -- Датчик початкового положення бетоноукладача
JCN   S6

R      "KM6"      Q4.5      -- Пускач реверсу двигуна бетоноукладача
R      T          0
L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
+      1
T      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
L      0
T      "M3_HMI"   MB30      -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача

```

Network: 7 Встановлення самохідного порталу у робоче положення

```

S6: L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
L      6
==I
JCN   S7

A      "GE2"      I4.3      -- Датчик початкового положення бетоноукладача
A      "GE3"      I4.4      -- Датчик робочого положення формувальної машини
A      "GE7"      I5.0      -- Датчик початкового положення самохідного порталу
AN     "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
L      S5T#10S
SE     T          0
S      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
S      "KM10"     Q5.1      -- Пускач двигуна самохідного порталу
L      1
T      "M4_HMI"   MB40      -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу самохідного порталу

O      "SB2"      I4.1      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
O      "SB2_HMI"  M0.2      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
R      "KM10"     Q5.1      -- Пускач двигуна самохідного порталу
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
R      T          0
JC     STOP

AN     T          0
AN     "GE5"      I4.6      -- Датчик робочого положення самохідного порталу
JCN   _005
L      W#16#1000
T      "FAULT_CODE" MW1     -- Код несправності
R      T          0
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
R      "KM10"     Q5.1      -- Пускач двигуна самохідного порталу
S      "FAULT_FLAG" M0.4    -- Маркер аварійної ситуації
JC     ERR
_005: NOP 0

A      "GE5"      I4.6      -- Датчик робочого положення самохідного порталу
JCN   S7

R      "KM10"     Q5.1      -- Пускач двигуна самохідного порталу
R      T          0
L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
+      1
T      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
L      0
T      "M4_HMI"   MB40      -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу самохідного порталу

```

Network: 8 Опускання віброшита на робочу поверхню

```

S7: L      "STAGE_COUNT" MB10    -- Маркер етапу роботи процесу
L      7
==I
JCN   S8

AN     "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
A      "GE5"      I4.6      -- Датчик робочого положення самохідного порталу
A      "GE3"      I4.4      -- Датчик робочого положення формувальної машини
A      "GE2"      I4.3      -- Датчик початкового положення бетоноукладача

L      S5T#5S
SE     T          2
A      T          2
=      "KM7"      Q4.6      -- Пускач опускання лебідки віброшита самохідного порталу
S      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
L      1
T      "M5_HMI"   MB50      -- Маркер для відображення статусу двигуна лебідки віброшита

O      "SB2"      I4.1      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
O      "SB2_HMI"  M0.2      -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
R      T          2
R      "TIMER_FLAG" M0.3    -- Маркер для скидання входу таймера
R      "KM7"      Q4.6      -- Пускач опускання лебідки віброшита самохідного порталу
JC     STOP

```

				Кваліфікаційна випускна робота бакалавра		
				Автоматизована система управління бетоноукладачем		
		Підпис	Дата			
Розроб.	Кокусяк К.Н			Стадія	Лист	Листів
Керів.	Луценко В.Ю					
Н. контр.	Волчков М.В					
				Лістинг програми (Додаток Д)		КНУБА каф. АТП. гр. АКІТс-22
Зав. каф.	Запривода А.В					

Network: 11 Підняття віброшита самохідного порталу

```

S10: L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
      L 10
      ==I
      JCN S11

      AN "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      A "GE1" I4.2 -- Датчик початкового положення формувальної машини
      A "GE2" I4.3 -- Датчик початкового положення бетоноукладача
      A "GE5" I4.6 -- Датчик робочого положення самохідного порталу

      L S5T#5S
      SE T 2
      A T 2
      = "KM8" Q4.7 -- Пускач підняття лебідки віброшита самохідного порталу
      S "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      L 2
      T "M5_HMI" MB50 -- Маркер для відображення статусу двигуна лебідки віброшита

      O "SB2" I4.1 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
      O "SB2_HMI" M0.2 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
      R T 2
      R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      JC STOP

      A T 2
      JC S11

      L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
      + 1
      T "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
      R T 4
      R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      L 0
      T "M5_HMI" MB50 -- Маркер для відображення статусу двигуна лебідки віброшита
  
```

Network: 12 Повернення самохідного порталу у початкове положення

```

S11: L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
      L 11
      ==I
      JCN END

      A "GE1" I4.2 -- Датчик початкового положення формувальної машини
      A "GE2" I4.3 -- Датчик початкового положення бетоноукладача
      A "GE5" I4.6 -- Датчик робочого положення самохідного порталу
      AN "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      L S5T#10S
      SE T 0
      S "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      S "KM11" Q5.2 -- Пускач реверсу двигуна самохідного порталу
      L 2
      T "M4_HMI" MB40 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу самохідного порталу

      O "SB2" I4.1 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
      O "SB2_HMI" M0.2 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
      R "KM11" Q5.2 -- Пускач реверсу двигуна самохідного порталу
      R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      R T 0
      JC STOP

      AN T 0
      AN "GE7" I5.0 -- Датчик початкового положення самохідного порталу
      JCN _007
      L W#16#4000
      T "FAULT_CODE" MW1 -- Код несправності
      R T 0
      R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      R "KM11" Q5.2 -- Пускач реверсу двигуна самохідного порталу
      R T 0
      S "FAULT_FLAG" M0.4 -- Маркер аварійної ситуації
      JC ERR
      _007: NOP 0

      A "GE7" I5.0 -- Датчик початкового положення самохідного порталу
      JCN END

      R "KM11" Q5.2 -- Пускач реверсу двигуна самохідного порталу
      R T 0
      L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
      L 0
      T "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
      R "TIMER_FLAG" M0.3 -- Маркер для скидання входу таймера
      L 0
      T "M4_HMI" MB40 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу самохідного порталу
  
```

Кваліфікаційна випускна робота бакалавра

Автоматизована система управління бетоноукладачем

Підпис Дата

Розроб. Кокусяк К.Н

Керів. Лцценко В.Ю

Н. контр. Волчков М.В

Зав. каф. Запривода А.В

Стадія Лист Листів

Лістинг програми (Додаток Д)

КНУБА каф. АТП.
зр. АКІТс-22

Network: 13 Зупинка процесу при натисканні на кнопку СТОП

```

STOP: O "SB2" I4.1 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
O "SB2_HMI" M0.2 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
JCN END
L 0
T "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
T "M1_HMI" MB20 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу формувальної машини
T "M3_HMI" MB30 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача
T "M4_HMI" MB40 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу самохідного порталу
T "M5_HMI" MB50 -- Маркер для відображення статусу двигуна лебідки віброшита
    
```

Network: 14 Обробка аварійної ситуації

```

ERR: A "FAULT_FLAG" M0.4 -- Маркер аварійної ситуації
JCN END

L "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
L 12
==I
JC _008
L 12
T "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
L 0
T "M1_HMI" MB20 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу формувальної машини
T "M3_HMI" MB30 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу бетоноукладача
T "M4_HMI" MB40 -- Маркер для відображення статусу двигуна приводу самохідного порталу
T "M5_HMI" MB50 -- Маркер для відображення статусу двигуна лебідки віброшита
_008: NOP 0

O "SB2" I4.1 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП"
O "SB2_HMI" M0.2 -- Кнопка зупинки процесу "СТОП" на панелі оператора
R "FAULT_FLAG" M0.4 -- Маркер аварійної ситуації
JCN END
L 0
T "STAGE_COUNT" MB10 -- Маркер етапу роботи процесу
T "FAULT_CODE" MW1 -- Код несправності
END: NOP 0
    
```

Кваліфікаційна випускна робота бакалавра

Автоматизована система управління бетоноукладачем

Підпис

Дата

Розроб. Кокусяк К.Н

Керів. Луценко В.Ю

Н. контр. Волчков М.В

Стадія

Лист

Листів

Лістинг програми (Додаток Д)

КНУБА каф. АТП.
гр. АКІТс-22

Зав. каф. Запривода А.В