

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра
на тему: Модуль керування автоматом-укладальником силікатної цегли-
сирцю розподіленої автоматизованої системи керування виготовлення
силікатної цегли

Виконала студентка 2 курсу,
групи АТ-28м
спеціальності 174 “Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”
Кузнецова К.Ю.
(прізвище та ініціали студента)

Керівник: канд. техн. наук,
старший викладач кафедри
Підтиченко О.В.
(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Рецензент: доктор техн. наук, професор
завідувач кафедри інформаційно-
вимірювальних технологій
Подчашинський Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
Факультет комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Спеціальність 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
робототехніки, електроенергетики
та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
к.т.н., доц. Громовий О.А.

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент _____ Кузнецова Каріна Юріївна

1. Тема роботи: Модуль керування автоматом-укладальником силікатної цегли-сирцю розподіленої автоматизованої системи керування виготовлення силікатної цегли

Затверджена Наказом по університету від «12» листопада 2024 р. № 646/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «20» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: опис технології виробництва силікатної цегли, технологічна схема лінії виробництва, допоміжна документація для проектування автоматизованих систем керування технологічним процесом, технічна документація на мікроконтролери Arduino та інші електронні компоненти, технічний опис інтерфейсу SPI

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

1) Опис об’єкту автоматизації, 2) Розробка функціональної схеми системи керування, 3) Розробка структурної схеми системи керування, 4) Розробка електричної принципової схеми системи керування, 5) Розробка алгоритмічного забезпечення для системи керування

5. Перелік презентативного матеріалу (з точним визначенням обов’язкових слайдів/креслень)

технологічна схема роботи автомата-укладальника силікатної цегли, функціональна схема автоматизації, структурна та електрична принципова схема розробленої системи керування алгоритм роботи мікроконтролера.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технічна частина	Підтиченко О.В.	10.10.24	

7. Дата видачі завдання 10.10.2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз виробництва силікатної цегли, вибір та аналіз об'єкту автоматизації.	10.10.24 – 20.10.24	
2.	Розробка функціональної схеми обраного об'єкту автоматизації	21.10.24 – 25.10.24	
3.	Розробка структурної схеми автоматизованої системи керування, вибір технологічних засобів автоматизації	26.10.24 – 01.11.24	
4.	Розробка електричної принципової схеми автоматизованої системи керування	02.11.24 – 11.11.24	
5.	Розробка алгоритмічного забезпечення для розробленої системи керування	12.11.24 – 25.11.24	
6.	Оформлення роботи	26.11.24 – 20.12.24	

Студент

_____ (підпис, дата)

Кузнецова К.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис, дата)

Підтиченко О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У даній дипломній роботі розроблено автоматизовану систему на основі мікропроцесорного контролеру для керування автоматом-укладальником силікатної цегли. Об'єктом автоматизації є автомат-укладальник силікатної цегли-сирцю. Технологічний процес передбачає відробіток декількох стадій алгоритму. Розроблена структурна і принципова схеми автоматизованої системи та алгоритм її роботи. Система керування реалізована у вигляді модуля телемеханічної системи завдяки реалізованому інформаційному обміну через інтерфейс SPI.

ABSTRACT

The thesis work based on development of automated system on the basis of the microprocessor controller for management of a silicate brick laying machine. The object of automation is the machine layer of raw silicate brick. The technological process assumes the fulfilling of several stages of the algorithm. The structural and principal electrical schemes and the general algorithm of automation system are designed in the work. The control system is implemented in the form of a telemechanical system module due to the implemented information exchange via the SPI interface.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота представлена пояснювальною запискою в обсязі 119 сторінок формату А4, записка містить вступ, основну частину, що складає п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатків. У роботі розглядається тема розробки автоматизованої системи керування автоматом-укладальником силікатної цегли.

Перший розділ містить загальні відомості про ПАТ "Житомирський комбінат силікатних виробів. Розглянуто технічні характеристики продукції, технологічну схему виробництва силікатної цегли, детально оглянуто етап пресування цегли та принцип дії автомату-укладальнику силікатної цегли, визначено мету та задачі проекту.

В другому розділі проекту розроблено функціональну схему запропонованої системи керування, визначено основні керуючі параметри автомату-укладальнику силікатної цегли.

В третьому розділі розроблено структурну схему системи керування, описано потреби до технічних засобів для практичної реалізації системи, а також описано її роботу.

В четвертому розділі обрано обладнання відповідно до структурної схеми, а також розроблено електричну принципову схему, принцип роботи якої описано у розділі.

В останньому розділі дипломного проекту представлено алгоритмічне забезпечення системи керування, розроблено відповідні алгоритми роботи контролера. Також розроблено протокол інформаційного обміну по інтерфейсу SPI та відповідні алгоритми передачі та прийому даних, обробки прийнятої інформаційної посилки тощо. Розроблений графічний матеріал представлено у вигляді додатків до дипломної роботи.

ЗМІСТ

	Ст.
ВСТУП	7
1. ОПИС ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ	9
1.1. Загальна характеристика виробництва	9
1.2. Технічна характеристика продукції	11
1.3. Характеристика сировинних матеріалів	24
1.4. Технологічна послідовність	31
1.5. Принцип роботи автомата-укладальника силікатної цегли- сирцю	44
1.6. Робота схеми управління автомата-укладальника	47
1.7. АСУ ТП як основа автоматизації технологічних процесів	53
1.8. Мета, задачі, наукова новизна та практична цінність роботи	57
2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	63
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	66
3.1. Вибір технічних засобів керування	66
3.2. Структурна схема блока управління автомата-укладальника	73
4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ МКАУЦ ..	77
4.1. Вибір мікроконтролера	77
4.2. Модулі відображення інформації	80
4.3. Опис інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface)	81
4.4. Розробка принципової електричної схеми	91
5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ	92
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	116
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	117
ДОДАТКИ	119

ВСТУП

На сучасному етапі свого історичного розвитку Україна гостро відчуває наслідки затяжної економічної кризи, одним з наслідків якої є занепад у галузі будівництва. Певна нераціональність планування виробництва командної системи спричинила занепад великої кількості існуючих підприємств з виготовлення будівельних матеріалів. Нові умови висувають даному сектору економіки свої вимоги. Основні з них приведені нижче.

1. Розробка нових ефективних екологічно безпечних міні-технологій і технологічного обладнання для створення житла, доступного широким верствам населення.

2. Використання місцевих сировинних ресурсів, зокрема утилізацію рідких, твердих побутових та промислових відходів при виробництві будматеріалів.

3. Створення прогресивних автономних систем інженерного забезпечення житла і санітарно-технічного обладнання за мало енергоємними технологіями.

4. Творче втілення перспективної концепції малоповерхових житлових і громадських будівель на основі нових конструктивних елементів і виробів у вигляді типових функціонально-планувальних та архітектурних рішень з урахуванням регіональних кліматичних умов та сировинної бази.

5. Створення державного банку апробованих в умовах міні-виробництв екологічно безпечних і ефективних технологій і технологічного обладнання для виробництва сучасної продукції, які забезпечать науково-технічну основу реконструкції та перепрофілювання діючої бази промисловості будівельних матеріалів в умовах ринкової економіки.

При модернізації існуючих потужних та створенні нових малих підприємств важливим критерієм якості проектного рішення, а отже і конкурентноздатності є витрати на оплату праці та надійність, які напряду

залежить від рівня автоматизації. В свою чергу, без наявності сучасних засобів контролю і регулювання процесів виробництва неможливий технічний прогрес підприємства і галузі в цілому. Керування складними агрегатами, якими обладнані великі підприємства, неможливе без надійної електронної елементної бази на основі мікропроцесорної техніки з можливістю інтеграції у складніші АСУП у вигляді ЕОМ. Стабільна робота міні-виробництв також може бути успішно забезпечена за допомогою сучасних мікроконтролерних пристроїв.

1. ОПИС ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Загальна характеристика виробництва

ПАТ "Житомирський комбінат силікатних виробів" був заснований в 1964 році. Нове підприємство спеціалізувалося на виготовленні силікатної цегли. Не дивлячись на економічні труднощі, які довелося долати Україні після розвалу Радянського Союзу, комбінат зберіг свої потужності і навіть поступово почав нарощувати об'єми виробництва [1].

ПАТ "Житомирський комбінат силікатних виробів" розташований на південно-східній околиці міста Житомир в 0,5км від ж/д вітки Житомир-Бердичів. З містом завод зв'язує шосейна дорога протяжністю 3км.

Електроенергією завод забезпечується від заводської підстанції потужністю 800кВт. Водопостачання здійснюється від міського водопроводу, газопостачання від міського газопроводу.

Підприємство включає в себе 3 заводи: завод силікатної цегли, завод ніздрюватих блоків (ЗНБ), завод жаростійких бетонних виробів (ЗЖБВ), а також допоміжні служби – ремонтно-механічний цех(РМЦ), цех видобування піску (ЦВП), паросилове господарство (ПСГ).



Рис.1.1.ПАТ "Житомирський комбінат силікатних виробів"

Сьогодні підприємство - один з найбільших виробників стінних матеріалів не тільки в Житомирській області, але і в Київській, Вінницькій, Хмельницькій і Закарпатській області. Окрім цегли, комбінат випускає блоки пористі, термоблоки, блоки фундаментні, камені стінові, вапно, бетон, розчини, вироби з деревини, утеплювач.

В умовах постійного подорожання природного газу про енергозбереження та оптимізацію енергоспоживання все більше почали задумуватися керівники великих підприємств. Завдяки інженерам комбінату вдалося власними силами модернізувати старі котли, збільшити тим самим коефіцієнт корисної дії та здешевити витрачання газу. Та на цьому керівництво заводу не зупинилось. Тепер на підприємстві працює одразу 2 потужні котли італійського виробництва.

Відтепер виробляти насичену пару для подачі в автоклави для пропарювання продукції комбінату, опалювання приміщень та подачі гарячого водопостачання на житомирському комбінаті силікатних виробів встановлено два потужні котли італійського виробництва. За обладнанням керівництво заводу їздило в Італію, адже саме італійські котли мають найкращі характеристики, найвищі світові стандарти згідно показників коефіцієнту корисної дії.

Розширюючи асортимент своєї продукції, підприємство шукає і нові ринки збуту. Стратегія комбінату – зайняти свою нішу на ринку, бути першим серед конкурентів, розвивати виробництво існуючої продукції, впроваджувати новий її вигляд, використовувати нові технології і устаткування. Якість продукції тут покращують шляхом заміни старого технологічного устаткування і реконструкції системи енергопостачання.

Очолює акціонерне товариство голова правління Валерій Васильович Онопрієнко. Керівник і підлеглі добре розуміють особливості сьогоденної ринкової ситуації в будівельній промисловості і готові ефективно працювати в умовах жорсткої конкуренції. Голова правління націлений на проведення

позитивних стратегічних змін в діяльності підприємства, зокрема, в розширенні асортименту продукції і поліпшенні якості.

1.2. Технічна характеристика продукції

Силікатна цегла – це екологічно чистий будівельний матеріал. Його складові компоненти: вапно, пісок, вода. Він дуже широко використовується в розвинених країнах через свої характеристики: міцність, точність геометричних розмірів, естетичний зовнішній вигляд, невелику вартість і простоту у використанні.

По внутрішньому устрою силікатна цегла може бути повнотілою, пустотілою та порожнистою.

Повнотіла цегла, як правило, використовується при зведенні фундаментів, підвальних приміщень, стовпів, колон, внутрішніх і зовнішніх стін приміщень. Головними перевагами повнотілої цегли вважається те, що вона володіє хорошими показниками міцності на стиск, а також високою морозостійкістю, малим водо поглинанням і хорошою теплопровідністю. Взагалі, повнотіла цегла була найбільш популярна в радянські часи, однак зараз популярність на нього поступово зменшується значними темпами.

Порожнистою цеглою називається така цегла, яка має певну кількість отворів. Як правило, отвори можуть бути квадратними, прямокутними, круглими і овальними в залежності від стандартів виробника і типу виробу. Перевагами порожнистої цегли слід вважати те, що на її виготовлення йде значно менше сировини, завдяки чому є можливість зниження собівартості, а, отже і загальної ціни. До того ж, вона має ще більш високі показники теплоємності, ніж у звичайної повнотілої.

Вимоги до технічних властивостей силікатної цегли міняються залежно від області її застосування, зазвичай визначуваної будівельними нормами, неоднаковими в різних країнах.

1.2.1 Міцність при стисненні і вигині

Залежно від межі міцності на стиснення силікатну цеглу поділяють на марки 75, 100, 125, 150 і 200 [2].

Марка цегли визначається її середньою межею міцності при стисненні, який складає зазвичай 7,5-35 МПа. У стандартах низки країн (Росія, Канада, США), разом з цим, також регламентують межу міцності цегли при вигині.

Порожнисті камені середньою щільністю 1000 і 1200 кг/м³ можуть мати марки 50 і 25. У більшості стандартів передбачено визначення міцності цегли в легко-сухому стані і лише в англійському стандарті – у водо насиченому.

У стандартах приведені середня міцність цегли даної марки і мінімальні значення межі міцності окремої цегли проби, що становлять 75-80% середнього значення.

Межа міцності цегли при стисненні і вигині для відповідної марки по міцності повинна бути не менше значень приведених в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Марка цегли	Межа міцності, МПа /кгс/см ² /							
	При стисненні				При вигині			
	Одинарної і потовщеної цегли				Одинарної і потовщеної цегли			
	Середнє значення для п'яти зразків		Найменше окреме значення		Середнє значення для п'яти зразків		Найменше окреме значення	
300	30,0	300	25,0	250	4,0	40	2,7	27
250	25,0	250	20,0	200	3,5	35	2,3	23
200	20,0	200	15,0	150	3,2	32	2,1	21
150	15,0	150	12,5	125	2,7	27	1,8	18
125	12,5	125	10,0	100	2,4	24	1,6	16
100	10,0	100	7,5	75	2,0	20	1,3	13
75	7,5	75	5,0	50	1,6	16	1,1	11

1.2.2.Водопоглинання

Водопоглинання – це один з важливих показників якості силікатної цегли і є функцією її пористості, яка залежить від зернового складу, її формувальної вологості, питомого тиску при ущільненні. За ГОСТ 379–79 водопоглинання силікатної цегли повинне бути не менше 6%. При насиченні водою міцність силікатної цегли знижується в порівнянні з її міцністю в легко-сухому стані так само, як і у інших будівельних матеріалів, і це, зниження обумовлене тими ж причинами. Коефіцієнт розм'якшення силікатної цегли при цьому залежить від її макроструктури, від мікроструктури цементуючої речовини і складає зазвичай не менше 0,8.

1.2.3. Вологопровідність

Даний показник характеризується коефіцієнтом вологопровідності, який залежить від середньої щільності цегли $\rho_{\text{ср.}}$. При $\rho_{\text{ср.}}$, приблизно рівній 1800 кг/м³, і різній вологості β має наступні значення, які наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

W %	0,9	2	5	8	11	14	16,5	18,5
$\beta \cdot 10^{-5}$, кг\м ²	0	3,6	6,9	8,7	10,2	14,5	30	73

1.2.4. Морозостійкість

У нашій країні морозостійкість цегли, особливо лицевої, є разом з міцністю найважливішим показником її довговічності. За ГОСТ 379–79 встановлені чотири марки цегли по морозостійкості. Морозостійкість рядової цегли повинна складати не менше 15 циклів заморожування при температурі – 15°C і відтавання у воді при температурі 15-200°C, а лицевої – 25, 35, 50 циклів залежно від кліматичного поясу, частин і категорій будівель, в яких його застосовують.

Зниження міцності після випробування на морозостійкість у порівнянні з водонасиченими контрольними зразками не повинне перевищувати 20% для

лицевої і 35% для рядової цегли першої категорії і відповідно 15 і 20% для цегли вищої категорії якості.

Вимоги по морозостійкості до цегли марки 150 і вище пред'являються тільки в тому випадку, якщо її застосовують для облицьовування будівель. При цьому цегла повинна пройти 25 циклів випробувань без зниження міцності більш ніж на 20%. За польським стандартом силікатна цегла всіх видів повинна витримувати не менше 20 циклів заморожування і відтаювання без ознак руйнування. У стандартах Англії, США і Канади для облицьовування зовнішніх частин будівель, що піддаються зволоженню і заморожуванню, передбачається цегла підвищеної міцності (21-35МПа), але її морозостійкість не нормується.

Морозостійкість силікатної цегли залежить в основному від морозостійкості цементуючої речовини, яка у свою чергу визначається її щільністю мікроструктурою і мінеральним складом новоутворень. За даними П.Р. Комохова, коефіцієнт морозостійкості цементного каменя з пресованого вапняно-кремнеземного в'язучого автоклавної обробки коливається після 100 циклів від 0,86 до 0,94. При цьому із збільшенням питомої поверхні кварцу з 1200 до 2500 см²/г коефіцієнт морозостійкості декілька зростає, а при подальшому збільшенні дисперсності кварцу він знижується. В даний час у зв'язку із застосуванням механічних захоплень для знімання і укладання сирцю в сировинну широту стали вводити значно більшу кількість дисперсних фракцій для підвищення його щільності і міцності. Внаслідок цього в структурі силікатної цегли, що виробляється зараз, помітну роль грають вже мікрокапіляри, в яких вода не замерзає, що значно підвищує її морозостійкість.

Морозостійкість силікатних зразків залежить від виду гідросилікатів кальцію, що цементують зерна піску (низькоосновних, високоосновних або їх суміші). Після 100 циклів випробувань коефіцієнт морозостійкості зразків, що заздалегідь пройшли випробування на атмосферостійкість, дорівнював для низькоосновної зв'язки 0,81, високоосновний – 1,26 і їх суміші – 1,65.

В літературі наводяться результати дослідження морозостійкості силікатних зразків, виготовлених на основі піску різного мінерального складу. Дослідження виконувались із використанням найбільш поширених пісків: дрібного кварцового, чистого і з домішкою 10% каолінітової глини, полевошпатового, суміші 50% полевошпатового і 50% дрібного кварцового, крупного кварцового, такого, що містить до 8% польових шпатів.

Кремнеземна частина в'язучого складалася з тих же, але розмолотих порід. Співвідношення між активним окислом кальцію і кремнеземом в в'язучого призначали виходячи з розрахунку отримання цементуючої зв'язки з переважанням низько- або високоосновних гідросилікатів кальцію або їх суміші. Кількість в'язучого у всіх випадках було постійним. Проте, морозостійкість силікатних зразків після 100 циклів заморожування і відтавання залежить не тільки від типу цементуючої зв'язки, але і від мінерального складу піску. Вплив мінерального складу піску особливо позначається за наявності зв'язки з низько основних гідросилікатів кальцію, коли в суміш введено 10% каолінітової глини. Коефіцієнт морозостійкості при цьому падає до 0,82. При підвищенні основності зв'язки коефіцієнт морозостійкості складів, навпаки, підвищується до 1,5, що свідчить про реакцію, що продовжується, між компонентами в процесі випробувань. З приведених даних видно, що добре виготовлена силікатна цегла необхідного складу є достатньо морозостійким матеріалом.

1.2.5.Атмосферостійкість

Під атмосферостійкістю зазвичай розуміють зміну властивостей матеріалу в результаті дії на нього комплексу чинників: змінного зволоження і висушування, карбонізує, заморожування і відтавання [3].

Стан цегли, що знаходилася 30 років на бетонних плитах, залежав від їх класу, Так, опинилися без пошкоджень або мали незначні пошкодження 95% цегли класу 4-5 (28-35МПа), 65% цегли класу 3 (21МПа) і 25% цегли класу 2

(14МПа). Вся цегла класу 1 (7МПа) мали пошкодження вже через 16 років. Вся цегла, що лежала 30 років на землі в лотках з водою, отримала пошкодження, і чим нижче клас цегли, тим раніше вони з'являлися: у цегли класу 1 – через 8 років, класу 2 – через 19 років, класу 3 – через 22 роки і для класів 4-5 – через 30 років. Міцність цегли, що пролежала в землі 20 років, зменшилася приблизно, удвічі. При цьому найбільше зниження міцності спостерігалось у цегли, що знаходилася в недренажному глинистому ґрунті, а найменше – у цегли, наполовину заритої в землю. За 20 років залежно від умов перебування в ґрунті карбонізувало 70-80% гідросилікатів кальцію, причому в основному та, що карбонізує відбулася в перших 3 року. Таким чином, навіть при таких виключно жорстких випробуваннях силікатна цегла класів 3 і 4 виявився достатньо стійким.

Загальновідомо, що міцність силікатної цегли після охолодження підвищується. Саме тому по раніше діючому ОСТУ 5419 передбачалося визначати його міцність не раніше ніж за два тижні після виготовлення. Аналіз випробування цегли на зразках, відібраних від великого, числа партій (в цілому 3 млн. шт.), по 10 цеглин з кожної проби розколювали навпіл, половинки різної цегли складали попарно в певній послідовності і випробовували відразу, а інші укладали на стелажі і випробовували в тій же послідовності через 15 днів. При цьому було встановлено, що міцність цегли за цей час зросла в середньому на 10,6%, вологість його зменшилася з 9,6 до 3,5%, а зміст вільного окислу кальцію знизився на 25% первинного. Таким чином, підвищення міцності силікатної цегли через 15 днів після виготовлення можна пояснити сумісним впливом його висихання і часткової карбонізує вільної винищити. Термографічними і рентгеноскопічними дослідженнями встановлено, що після випробування зразків в кліматичній камері помітних змін в цементуючій зв'язці не наголошується, а після тієї, що карбонізує гідросилікати кальцію перетворюються на карбонати і гель кремнекислоти, що є стійкими утвореннями, що цементують зерна піску. Таким чином, можна вважати, що

силікатна цегла, виготовлена з пісків різного мінерального складу з використанням тонкомолотого вапняно-кремнеземного в'язучого, є цілком атмосферостійким матеріалом.

1.2.6. Стійкість у воді і агресивних середовищах

Стійкість силікатної цегли визначається ступенем взаємодії речовини, що цементує його, з агресивними середовищами, оскільки кварцовий пісок стійкий до більшості середовищ. Розрізняють газові і рідкі середовища, в яких стійкість силікатної цегли залежить від їх складу. З цих даних виходить, що силікатна цегла нестійка проти дії кислот, які розкладають гідросилікати і карбонати кальцію, що цементують зерна піску, а також проти агресивних газів, що містяться в повітрі, пари і пилу при відносній вологості повітря більше 65%. Необхідно відзначити, що приведені орієнтовні дані відносяться до силікатної цегли по ГОСТ 379–53, вимоги до якості якого значно нижчі, ніж по ГОСТ 379–79. Зразки силікатної цегли піддавали дії проточною і непроточною води, що дистильовала і артезіанської, протягом більше 2 років. В основному коефіцієнт стійкості зразків падає в перших 6 міс., а потім залишається без зміни. Вищий коефіцієнт стійкості – у зразків, що містять 5% меленого піску, а нижчий – у зразків, до складу яких введене 5% меленої глини. Зразки, що містять 1,5% меленого піску, займають проміжне положення: їх коефіцієнт стійкості складає приблизно 0,8, що слід визнати достатньо високим для рядової силікатної цегли. Аналогічні зразки піддавали дії сильно мінералізованих ґрунтових вод, що містять комплекс солей, а також 5% розчину Na_2SO_4 і 2,5% розчину MgSO_4 . Кожні 3 міс. визначали міцність і коефіцієнт стійкості зразків, що знаходилися в різних розчинах. У розчині Na_2SO_4 міцність зразків знижується в основному протягом 9 міс., а до 12 міс. Вона стабілізується і надалі не міняється. На відміну від цього міцність зразків, що знаходилися в розчині MgSO_4 , падає весь час, і вони починають інтенсивно руйнуватися вже після закінчення 15 міс. Як правило, коефіцієнт стійкості зразків, що містять 5% меленого піску, складає в ґрунтових водах і розчині Na_2SO_4 приблизно 0,9, що

містять 1,5% меленого піску, – 0,8, тоді як у зразків, до складу яких введене 5% меленої глини, в ґрунтовій воді і 5% розчині Na_2SO_4 він досягає 0,7. Отже, зразки з меленою глиною не можна визнати достатньо стійкими до дії агресивних розчинів, а також м'якої і жорсткої води.

Таким чином, силікатна цегла, до складу якої введене 5% меленого піску, володіє високою стійкістю до мінералізованим ґрунтових вод, за винятком розчинів MgSO_4 .

1.2.7. Жаростійкість

Д. Р. Дементьєв, що нагрівав силікатну цеглу при різній температурі протягом б год., встановив, що до 200°C його міцність збільшується, потім починає поступово падати і при 600°C досягає первинної. При 800°C вона різко знижується унаслідок розкладання тих, що цементують цеглу гідросилікатів кальцію.

Підвищення міцності цегли при її прожаренні до 200°C супроводжується збільшенням змісту розчинної SiO_2 , що свідчить про подальше протікання реакції між вапном і кремнеземом.

Ґрунтуючись на даних досліджень і досвіді експлуатації силікатної цегли в димарях і димарях дозволяється застосовувати силікатну цеглу марки 150 для кладки димових каналів в стінах, зокрема від газових приладів, для обробки вогнезахисної ізоляції і облицьовування.

1.2.8. Теплопровідність

Теплопровідність сухої силікатної цегли і каменів коливається від 0,35 до 0,7 Вт/(мС) і знаходиться в лінійній залежності від їх середньої щільності, практично не залежавши від числа і розташування порожнеч.

Випробування в кліматичній камері фрагментів стін, викладених з силікатної цегли і каменів різної порожнистості, показали, що теплопровідність стін залежить тільки від щільності останніх. Теплоефективні стіни виходять лише при використанні багатопустотної силікатної цегли і каменів щільністю

не вище 1450 кг/м^3 і акуратному веденні кладки (тонкий шар нежирного розчину щільністю не більше 1800 кг/м^3 , що не заповнює порожнечі в цеглі).

1.2.9. Зовнішній вигляд

Відхилення від показників зовнішнього вигляду виробів не повинні перевищувати на одному рядовому виробі і не лицьових поверхнях одного лицьового виробу значень, вказаних в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Найменування показників	Значення	
	для рядового виробу	для не лицьових поверхонь лицьового виробу
1. Відбитості кутів завглибшки від 10 до 60 мм, шт. не більше	3	2
2. Відбитості і притупленості ребер завглибшки від 5 до 10 мм, шт. не більше	3	2
3. Шорсткості або зрив грані глибиною, мм не більше	5	3
4. Тріщини на всю товщину виробу вдовжки по ліжку до 40 мм, шт.	1	не допускаються

1.2.10. Продукція що виготовляється на ПАТ «Житомирський комбінат силікатних виробів»

Теплоблок – революційний матеріал, який об'єднав в собі такі якості, як: термоізоляція, міцність, невелика вага, довговічність, вогнестійкість, звукопоглинання, екологічну чистоту та унікальну легкість використання! Дотримання технології автоклавного твердіння та унікальність розробки матеріалу теплоблок робить цей матеріал особливо міцним та теплим, що якісно відрізняє його від інших пористих бетонних виробів. Види теплоблоків, що виготовляються на підприємстві наведені на рис.1.2 [1].

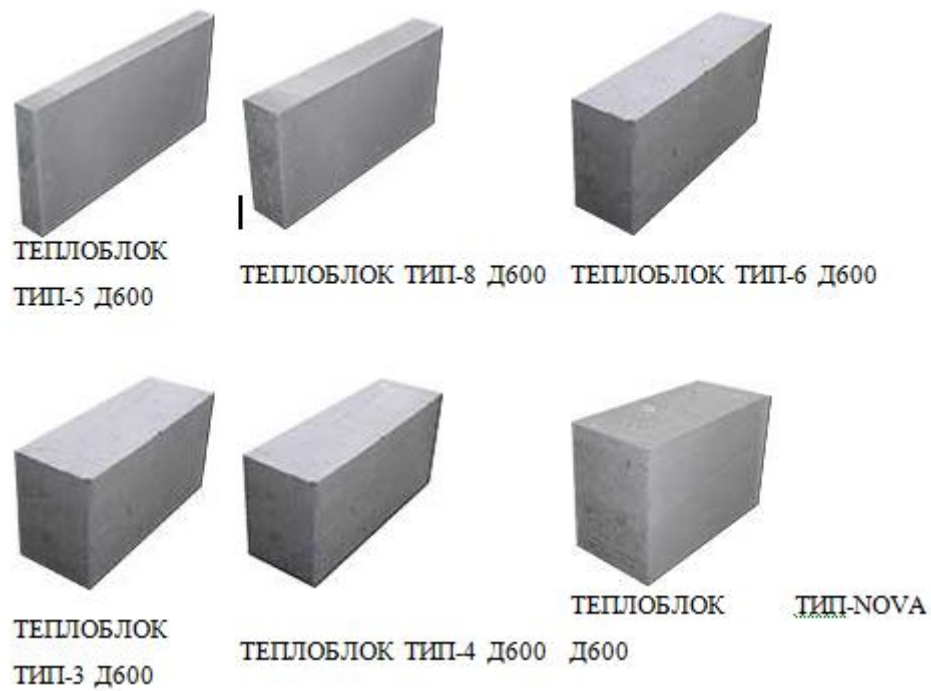


Рис.1.2 Види теплоблоків

Бетон – будівельний матеріал, штучний кам'яний матеріал, що отримується в результаті твердіння раціонально підбраної і ущільненої суміші терпкої речовини (цемент або ін.), заповнювачів, води. У ряді випадків може містити спеціальні добавки. Основний показник, яким характеризується бетон – міцність на стиснення, по якій встановлюється клас бетону (позначається латинською буквою «В» і цифрами (кгс/см^2)). Наприклад, позначення В25 означає, що бетон даного класу в середньому здатний витримати тиск 250 кгс/кв.см). На підприємстві виготовляються різні бетонні вироби, розглянемо їх детальніше рис.1.3.

Найсучасніші вантажні автомобілі та авто бетонозмішувачі об'ємом від 5 до 10 м. куб. цілодобово здійснюють доставку бетону, будівельних сумішей та готових залізобетонних виробів у будь яких кількостях на об'єкти за розкладом замовника. Також здійснюється доставка цементу, піску, щебеню.



Рис.1.3.Бетонні вироби

Керівництво компанії робить все можливе, щоб клієнти компанії отримували замовлену продукцію вчасно і без зволікань в зручний для них час.

При проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій призначають необхідні характеристики бетону: клас (марку) міцності, марки морозостійкості і водонепроникності. Марка бетону на міцність – це опір осьовому стиску контрольних зразків у кг/см². ВАТ “ЖКСВ” виготовляє наступні марки бетону: М100, М150, М200, М250, М350, М400.

Клас бетону - це числова характеристика будь якої властивості бетону, прийнята з гарантованою забезпеченістю 0,95. Це означає, що встановлена класом властивість забезпечується не менш чим у 95 випадках із 100. Класифікація бетону, що виробляється ВАТ “ЖКСВ”: F7,5; F10; F12.5; F15; F20; F25; F30. Співвідношення між класом і марками бетону по міцності приведені в таблиці.

Марка бетону на морозостійкість – найбільша кількість циклів почергового заморожування та відтаювання, яку витримують при випробуванні зразки встановлених розмірів без зниження міцності на стискання більш 5% у порівнянні з міцністю зразків, випробуваних в еквівалентному віці.

ВАТ “ЖКСВ” виготовляє бетон наступних марок по морозостійкості: P50, P75, P100, P150, P200.

ВАТ “ЖКСВ” пропонує широкий асортимент бетонних сумішей різної пластичності, міцності, водонепроникності та класу для різноманітних споживчих потреб.

Суха будівельна суміш — це приготований в заводських умовах, дозований відповідно до рецепту набір інгредієнтів, який складений для можливості виконання певного виду будівельних і ремонтних робіт. Сучасні сухі суміші — багатокомпонентні спеціалізовані системи, в яких окрім мінеральної в'язучої речовини і заповнювача міститься комплекс хімічних добавок, що забезпечують необхідні властивості реологій суміші, регулюючих швидкість схоплювання і тверднення терпкого і що забезпечують необхідні фізико-механічні властивості розчину після твердіння. Різновиди будівельних сумішей наведені на рис.1.4.



Рис.1.4. Будівельні суміші

Залізобетон - матеріал, в якому поєднуються в одне ціле стальна арматура та бетон. Готування бетону здійснюють у бетонозмішувальних цехах і установках, де виконується прийом, складування й подача сировинних матеріалів (цементу, заповнювачів, добавок) їхнє дозування, змішування й

подача приготовленої суміші у формувальні цехи. Залізобетонні вироби, що виготовляються на заводі наведені на рис.1.5.



Рис.1.5 Залізобетонні вироби

На Ваш вибір надається декілька варіантів упаковки готової продукції (за Вашим бажанням можливе відвантаження - "навалом" без спеціальної упаковки).



Рис.1.6. Пакетування цегли

1.3.Характеристика сировинних матеріалів

1.3.1. Пісок

Основний компонент силікатного цегли (85 – 90% щодо маси) є пісок, тому заводи силікатної цегли розміщують, зазвичай, поблизу родовищ піску, і піщані кар'єри є частиною підприємств. Склад й поліпшуючі властивості піску визначають багато в чому характер і особливості технології силікатної цегли.

Пісок – це недолуге скупчення зерен різного мінерального складу розміром 0,1 – 5 мм. За походженням піски поділяють на дві групи – природні і штучні. Останні, своєю чергою, поділяють на відходи при роздрібненні гірських порід (хвости від збагачення руд, січка щебневих кар'єрів тощо), роздріблені відходи від спалювання палива (пісок з паливних шлаків), роздріблені відходи металургії (піски з доменних і ватержакетних шлаків).

Пісок утворюється в результаті вивітрювання таких гірських порід, як граніти, гнейси та ін. Продукт руйнування переноситься до місць залягання вітром і водою.

В залежності від місця залягання піски класифікують на:

- гірські та ярові, які складаються з піщинок кутоподібної форми з нерівною поверхнею;
- річкові та озерні, які мають піщинки обкатаною форми з гладкою поверхнею;
- морські, які містять дрібні обкатані зерна з гладкою поверхнею;
- дюнні, з дрібними легкими частками.

За розміром зерен піски поділяють на такі групи:

- крупнозернисті, які складаються із зерен розміром від 5 до 2 мм;
- дрібнозернисті, які складаються із зерен розміром від 0.6 до 0.2 мм;
- дуже дрібнозернисті, які складаються із зерен розміром від 0.2 до 0.05 мм.

Піски, які містять 90% і більше кремнезему (SiO_2), називають кварцовими. Кремнезем в природі зустрічається в аморфному і кристалічному стані.

Аморфний кремнезем досить добре розчиняється у воді і активно вступає в хімічну взаємодію з вапном при звичайній температурі. Кристалічний кремнезем зустрічається в природі у вигляді мінералу кварцу. Кварц характеризується великою твердістю і міцністю, він погано розчиняється у воді. У звичайних умовах при нормальному тиску і кімнатній температурі кварц не вступає в хімічну взаємодію з вапном, для цього потрібна наявність водного середовища та високої температури, що практично досягається, використовуючи насичену пару під високим тиском. У більшості випадків кварцові піски мають різний колір, найчастіше жовтого кольору від вмісту сполук заліза. Білі піски зустрічаються досить рідко.

Придатність піску якого-небудь родовища для виробництва силікатної цегли визначається експериментальним шляхом. Для цього виготовляють та випробовують зразки: спочатку куби або циліндри в лабораторних умовах, а потім окремі цеглини або невеликі партії цегли в напів виробничих або виробничих умовах. Для попередньої, орієнтовної оцінки піску можна керуватися наступними загальними положеннями:

- пісок повинен містити в своєму складі не менше 90% кремнезему у вигляді кварцу;
- бажано, щоб зерна піску мали не круглу, обкатану форму, а кутову форму і нерівну поверхню;
- пісок повинен містити не більше 10% глини;
- пісок не повинен містити домішки органічних речовин;
- пісок повинен бути різно зернистим, тобто він повинен складатися із зерен різних розмірів.

Зерновий склад піску має велике значення, тому що пісок, який складається із зерен різної крупності, добре пресується. Пояснюється це тим, що при здавлюванні сировинної суміші на пресі дрібні зерна піску розміщуються між великими, заповнюючи порожнечі між ними, внаслідок чого збільшується щільність цегли. Якщо зерновий склад природного піску визначається

незадовільним, в процесі виробництва до нього додають пісок, який містить більш дрібні або більш великі зерна. Зерновий склад піску визначають в лабораторії ситовим аналізом, при якому пісок просіюють через набір стандартних сит. Домішки глини в піску у вигляді включень небажані, тому що при наявності включень глини в силікатній цеглі міцність та морозостійкість її знижується, а водопоглинання збільшується. Якщо глина рівномірно розподілена в піску, тоді вона покращує формувальні властивості сировинної суміші, завдяки чому поліпшується пресування цегли. При присутності в піску понад 10% глини, частки глинистої речовини обволікують піщинки і погіршують умови взаємодії вапна з піском.

Характеристика зернового складу піску представлено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Розмір сит		5,0	2,5	1,25	0,63	0,31 5	0,16	Мкр
Кількість фракцій на ситі	Повні залишки	2,5	5,0	7,0	17,5	49,5	96,0	1,75

Присутність в піску органічних домішок різко погіршує якість цегли. Деякі органічні речовини обволікують піщинки, утворюючи плівку на їх поверхні, що погіршує умови взаємодії вапна з піском. Крім цього, при автоклавній обробці силікатної цегли органічні речовини розкладаються, при цьому виділяються гази, які викликають утворення тріщин в цеглі. Об'ємна вага піску залежить від його зернового складу, крім цього вона змінюється від вологості піску. При збільшенні вологості піску до 6-7% об'єм піску збільшується, а значить, питома вага його зменшується. При подальшому збільшенні вологості пісок починає ущільнюватися і його об'ємна вага знову збільшується.

За призначенням пісок можна підрозділяти на піски для бетонних і залізобетонних виробів, кладочних і штукатурних розчинів, силікатної цегли. Пісок, що надходить з забою до його вживання у виробництво, може бути

відсіяний від сторонніх домішок – каміння, грудочок глини, гілок, металевих предметів тощо. Ці домішки у процесі виробництва викликають брак цегли і навіть поломки машин.

1.3.2. Вапно

Вапно є другою складовою частиною сировинної суміші, необхідної для виготовлення силікатної цегли.

Вапняк складається з вапняного шпату – кальциту – і деякої кількості різних домішок: вуглекислого магнезії, солей заліза, глини та ін. Від цих домішок залежить забарвлення вапняку. Звичайно він буває білим чи різних відтінків сірого і жовтого кольору. Якщо зміст глини в вапняках більш 20%, всі вони звуться мергелів. Вапняки з великим змістом вуглекислого магнезії називаються доломитами.

Мергель є відомою-глинистою породою, що містить від 30 до 65% глинистої речовини. Отже, наявність у ньому вуглекислого кальцію не перевищує 35 – 70%. Зрозуміло, що мергелі непридатні для виготовлення цегли.

Доломити, складаються з мінералу доломіту ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Оскільки вміст у них вуглекислого кальцію менш 55%, то тут для випалу на вапно вони також непридатні. При випалюванні вапняку на вапно вживають тільки чисті вапняки, які містять велику кількість шкідливих домішок як глини, окису магнезії та ін.

Повітряним вапном називається в'язуче, що добувається помірним випалюванням (що не доводиться до спікання) карбонатних порід, які містять до 8 % глинистих домішок, а також вапно можна отримувати випалом дрібних фракцій в установках швидкісної термообробки.

Повітряне вапно буває таких видів:

- негашене комове – продукт випалювання карбонатних порід;
- негашене мелене – продукт помелу комового вапна;

- гідратне гашене вапно – порошкоподібний продукт гідратації негашеного вапна.

Характеристика вапняно-піщаного в'язучого показано в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Найменування сировини	колір	Співвідношення вапно-пісок, %	Структура сировини	Наявності переплуту	Зміст $\text{CaO} \pm \text{MgO}$, %
Вапняно-піщане в'язуче	Світло-сірий	40:60 50:50	Тонина мелу наситі до 14%	Не допускається	32±2

Повітряне вапно забезпечує тверднення і збереження міцності будівельних розчинів за повітряно-сухих умовах. В виробництві силікатної цегли використовують повітряне вапно (кіпелку). Для виробництва вапна застосовують, як правило, гірські породи, що складаються з карбонату кальцію. Карбонат кальцію зустрічається в природі у вигляді двох кристалічних модифікацій: кальциту та арагоніту. Твердість кальциту за шкалою Мооса дорівнює 3, щільність приблизно 2700 кг/м³. Кристали кальциту мають досконалу спайність у трьох напрямках. Арагоніт, кристалізується в ромбічній сингонії, має твердість 3,5-4,0, щільність 2900-3000 кг/м³. Спайність арагоніту, на відміну від кальциту, виражена слабо. Вапнякові породи є осадовими утвореннями органогенного або хімічного походження.

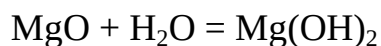
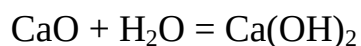
Колір вапнякових порід залежить від домішок. Чисті вапняки звичайно мають біле забарвлення. Домішки оксидів заліза і марганцю забарвлюють їх у жовтуваті, бурі, червонуваті тони, домішки вуглецево вмісних речовин – у сірі і навіть чорні. Найхарактернішими домішками у вапняках є карбонат магнію, кремнезем, глинисті речовини, гіпс, пірит. У невеликих кількостях трапляються сполуки фосфору. Колір вапнякових порід залежить від домішок.

Вапно являє собою білу, дуже вогнестійку речовину, яка плавиться тільки в електричній печі при температурі більше 2500°C.

Розрізняють два різновиди вапна :

- повітряне негашене (кіпелку);
- гашене.

На заводах силікатної цегли використовують кіпелку. При взаємодії негашеного вапна з водою відбувається реакція гідратації оксидів кальцію та магнію:



Реакція гідратації оксидів магнію і оксидів кальцію йдуть з виділенням тепла. При реакції гідратації оксиду кальцію виділяється значна кількість теплоти, що становить 65 кДж на 1 моль, або 1160 кДж на 1 кг оксиду кальцію. При цьому температура гасіння вапна може досягати таких значень, при яких можливо не тільки кипіння води, але і загоряння дерева. Сама назва негашеного вапна - вапно-кіпелка обумовлено здатністю її виділяти велику кількість теплоти, що викликає кипіння води. Теоретично для гашення однієї вагової CaO вимагається 0.32 вагових частини води. Практично при гашенні вапна треба додавати до вапна значно більшу кількість води, тому що внаслідок нагріву за рахунок виділеного тепла частина води випаровується. Якщо гасити вапно (кіпелку) помірною кількістю води, то вапно в процесі гідратації збільшується в об'ємі та утворює білого кольору, легку порошкоподібну масу гідрооксиду кальцію. В результаті отримуємо сухе гашене вапно (пушонку). Якщо гасити вапно з надлишком води, то в залежності від кількості надлишку води отримуємо вапняне тісто або вапняне молоко.

Вапно треба зберігати в закритих складських приміщеннях від дії вологи. Не рекомендується тривалий період часу залишати вапно на повітрі. По-перше, воно інтенсивно поглинає вологу із повітря, що спричинює до його самовільного гашення в пушонку, а по-друге, вапно в присутності вологи реагує з вуглекислотою, яка знаходиться в повітрі, що приводить до її карбонізації. В результаті карбонізації активність вапна знижується. Гашене

вапно може бути використане для виробництва силікатної цегли. Але внаслідок того, що воно після гашення на повітрі вапно перетворюється в дуже легкий і тонкий порошок (пушонку), її використання пов'язано зі значними труднощами – збільшення витрат та розходу вапна на одиницю виробленої продукції, а також погіршення санітарних умов на підприємстві.

1.3.3.Вода

За виробництва силікатної цегли воду застосовують в усіх стадіях виробництва: при гасінні вапна, приготуванні силікатної маси, пресуванні і запарюванні цегли-сирцю, отриманні технологічного пара.

Природна вода не буває абсолютно чистою. Найбільш чистою є дощова вода, але вона містить різні домішки. Розчинених речовин у воді небагато, й тому вона називається м'якою. Вода, яка містить дуже багато вуглекислих солей кальцію і магнію (карбонатних), називається жорсткою. Застосовувати жорстку води в промислових цілях, наприклад для одержання технологічного пара, без попереднього помягшення її не можна, інакше під час кипіння води на стінках промислових котлів утворюється накип. При постачанні в котли м'якої водою продовжується термін їхньої служби.

Вода при нагріванні перетворюється на пару; якщо воду нагрівати у закритій посудині, наприклад, у казанах, вона випаровуватиметься із поверхні і пар накопичуватиметься у просторі від поверхні води до того часу, поки між водою і, що утворюється з її, пором, не встановиться динамічна рівновага, щоб у одиницю часу стільки ж молекул води випаровувалося, як і переходило знову на рідину. Пар, що у рівновазі з рідиною, з якою він утворився, називається насиченим. У виробництві силікатної цегли для гасіння і для запарювання цегли-сирцю застосовується насичений пар, як і в котельнях.

далі через вібросито по похилому транспортеру подається на верхній перекидний транспортер і далі на верхній роздаточний транспортер, з якого пісок і подрібнене вапно (негашене) за допомогою плужкових скидачів надходить в: а) пісок в бункери-накопичувачі, б) подрібнене вапно (негашене) в бункер-накопичувач вапна дроблення (для подрібнення) , в) пісок в бункер - накопичувач піску (для подрібнення).

1.4.3. Приготування тонкомолотого піску

З бункера-накопичувача піску (для подрібнення) по нижньому транспортеру і далі по похилому транспортеру пісок автоматично подається в шаровий млин, де відбувається помел до тоніта помелу 3500-4000 кв.см / м і далі отриманий тонкомолотий пісок, по пневмоподачі подається в бункер-накопичувач тонкомолотого піску(рис.1.8).



Рис.1.8. Бункер-накопичувач піску

1.4.4. Приготування тонкомолотого вапна (негашеного)

З бункера-накопичувача по нижньому транспортеру і далі по похилому транспортеру подрібнене вапно (негашене) автоматично подається в шаровий млин, де відбувається помел до тоніта помелу 3500-4000кв.см /м. Далі отримане тонкомолоте вапно (негашене) по пневмоподачі подається в бункер-накопичувач тонкомолотого вапна (негашене).

1.4.5. Подача всіх компонентів: води , піску , тонкомолотого піску , тонкомолотого вапна в бункера - дозатор

З бункера - накопичувача піску по нижньому транспортеру, далі по перекидному транспортеру і далі по похилому транспортеру пісок автоматично подається в бункер - дозатор піску.

З бункера - накопичувача піску тонкомолотого по нижньому шнеку і далі по похилому шнеку тонкомелений пісок автоматично подається в бункер - дозатор тонкомолотого піску.

З бункера - накопичувача вапна тонкомолотого по нижньому шнеку і далі по похилому шнеку тонкомолоте вапно автоматично подається в бункер - дозатор тонкомолотого вапна.

З ємності води по трубі вона автоматично подається в ємність - дозатор води.

Всі бункера - дозатори і ємність - дозатор розташовані над планетарними бетонозмішувачем .



Рис.1.9. Планетарний бетонозмішувач

1.4.6.Приготування сировинної суміші

Сировинну суміш виготовляють барабанним або силосним методами. При барабанному способі вапно і пісок разом загрузають в гасильний барабан, де відбувається їхнє перемішування та гасіння вапна; при цьому процес гасіння вапна прискорюють за допомогою насиченої пари під тиском, який подають у барабан. При силосному способі мелене негашене вапно та пісок завчасно перемішують та зволожують, а потім загрузають до силосів, де відбувається процес гасіння вапна (1,5-4 год.).

Крім вапна та піску, складовою частиною сировинної суміші є вода, яка необхідна для повного гашення вапна. Вода також надає масі пластичність, необхідну для пресування цегли-сирцю та створює сприятливі умови для протікання хімічної реакції твердіння цегли при її запарюванні. Зволоження сировинної суміші треба проводити визначеною кількістю води. Недостача води призводить до неповного гашення вапна; надлишок води, хоча і забезпечує повне гасіння, але надає високу вологість сировинної суміші.

Вимога до силікатної суміші наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Найменування показників	Од. вим.	Нормативно-виробничі показники
1. Активність силікатної маси (зміст CaO+MgO), приготованої	%	8,3-8,5
2. Вологість силікатної маси	%	9-9,5
3. Час гасіння – час вильовування в силосах	год.	2,5-3
4. Вологість формувальної маси	%	6,7-7,2
5. Активність формувальної маси – зміст CaO+MgO	%	8-8,3

При приготування сировинної суміші в гасильних барабанах завантажування компонентів може проводитись двома способами: при першому способі завантажують увесь пісок і все вапно, при другому – спочатку завантажують 20-25% піску, а потім все вапно і решту піску. При завантаженні другим способом маса змішується краще, але зменшується коефіцієнт використання гасильного барабану за часом. Молоте негашене вапно подають пневмотранспортом в бункер-запасник, відкідля воно поступає на автоматичні терези або на ваговий дозатор. Зважена порція вапна подається стрічковим транспортером, куди також подається від дозований пісок, на попереднє змішування в одно- або двох вальний лопатевий змішувач безперервної дії.

Після завантаження в гасильний барабан закривають кришку люка і відкривають клапан, випускаючий пару. Пара повинна подаватися протягом усього часу гасіння при постійному тиску. Після зупинки гасильного барабану обережно випускають пару, відкривають люк і, повільно обертаючи барабан вивантажують суміш в бункер-запасник, який знаходиться під гасильним барабаном. Готову сировинну суміш дозують тарільчастим живильником та подають до преса стрічковим транспортером.

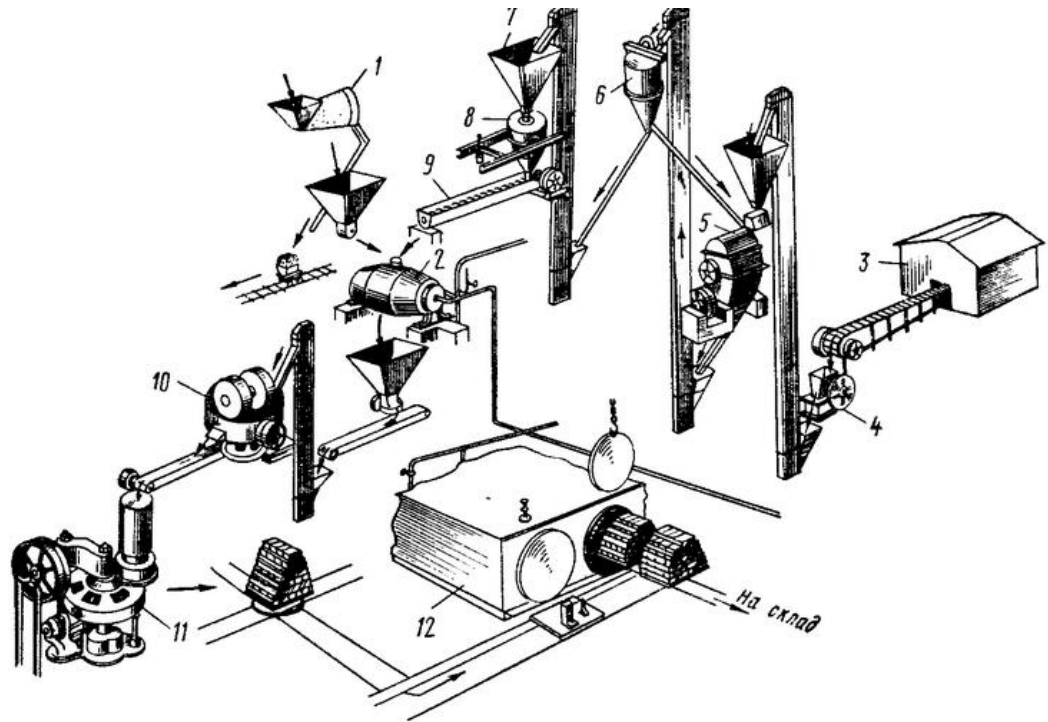


Рис.1.10. Технологічна схема виробництва силікатної цегли барабанним способом:

1 – барабанний грохот для сортування піску; 2 – гасильний барабан; 3 – склад вапна; 4 – дробарка; 5 – млин; 6 – сепаратор; 7 – бункер меленого вапна; 8 – ваги; 9 – шнек; 10 – змішування і подрібнення маси на бігунах; 11 – пресування цегли; 12 – затвердіння цегли в автоклаві

Силосний спосіб приготування суміші має значні економічні переваги перед барабанним, тому що при силосуванні маси на гасіння вапна не використовується пара. Крім того, силосний спосіб виробництва значно простіший ніж барабанний. Підготовлене вапно та пісок безперервно подається до живильника в заданому співвідношенні в одновальний або двох вальний змішувач безперервної дії та зволожуються. Перемішана і зволожена суміш надходить до силосу, де витримується від 1,5 до 4 годин, протягом яких вапно гаситься. Силос являє собою циліндричний посуд із сталі або залізобетону. Висота силосу 8-10 м, діаметр - 3,5-4 м. В нижній частині силос має конусоподібну форму. Силос розвантажують за допомогою тарільчастого живильника на стрічковий транспортер. Як при завантаженні силікатної маси із

запасників гасильних барабанів, так із силосів виділяється пил, що є великим недоліком в роботі устаткування.

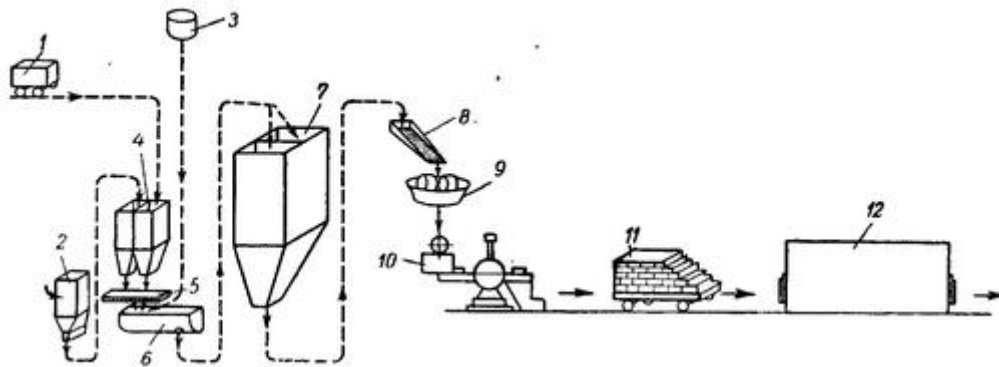


Рис.1.11. Технологічна схема виробництва силікатної цегли за силосним способом:

1,11 – вагонетки; 2 – шаровий млин; 3 – нагорний бак; 4 – бункери; 5 – дозувальний апарат; 6 – змішувач; 7 – силос; 8 – сито; 9 – бігуни; 10 – преси; 12 - автоклав

Робота силосу відбувається наступним чином. Зсередини силос розподілений перегородками на три секції. Маса засипається в одну із секцій протягом 2,5 год., стільки ж треба і для розгрузки секції. При заповненні силосу нижній шар вилежується протягом того ж часу (~ 2,5 год.). Потім секція вистоюється 2,5 години, і після цього її розвантажують. Таким чином, нижній шар гаситься приблизно 5 годин. В зв'язку з тим, що розвантаження силосів відбувається тільки знизу, а проміжок між розгрузками складає 2,5 години, то всі наступні шари також видержуються протягом 5 годин. При вилежуванні в силосах суміш часто утворює налипання. Чинником цього – відносно висока вологість маси, а також ущільнення та часткове тверднення при її зберіганні. Найбільш часто налипання сировинної суміші утворюються в нижчих шарах маси. Для кращого розвантаження силосу необхідно, щоб маса мала по можливості меншу вологість. За досвідом роботи заводів встановлено, що силоси розвантажуються задовільно при вологості маси 3,5-4,5%. Для облегшення розвантаження періодично включають вібратор, який закріплений

на стінці силосу, та цим зменшують налипання маси на стінках. Якщо це не допомагає, то масу вибивають ломами через розвантажні люка.



Рис.1.12. Силос

1.4.7. Пресування цегли-сирцю

Це одна із важливіших операцій в технологічній схемі виробництва силікатної цегли. Від ступеня ущільнення сировинної суміші при пресуванні сирцю в значній мірі залежить щільність, міцність та інші фізико-механічні властивості силікатної цегли. Добре ущільнити сирець – значить довести до мінімуму вільний простір між частками піску, зблизив їх настільки, щоб вони розділялись один від одного тільки тонкішими прошарками в'язучої речовини. Таке зближення зерен піску створює сприятливі умови для отримання щільної та міцної силікатної цегли. В момент пресування сировинної суміші зерна піску чинять опір тисненню. Сила тертя маси о стінки форми та зерен одне об одне здійснюється за допомогою використання тиску, яке повинне розподілитись

рівномірно по всій площі пресуємого виробу. Пресування необхідно вести тільки до визначеної границі, тому що при збільшенні тиску вище граничного в суміші з'являються пружні деформації, які не зникають після зняття тиску. При формуванні силікатної цегли питомий тиск пресування складає 15-20 МПа.

Істотне значення має також швидкість, з якою збільшується тиск при пресуванні. Так, швидке нарощення тиску при ударному пресуванні може визвати не ущільнення, а руйнування структури виробу. Тому для подолання внутрішніх сил тертя тиску при пресуванні повинно збільшуватися плавно з визначеною оптимальною швидкістю. На роботу преса і на якість силікатної цегли великий вплив має вміст води в сировинній суміші в момент пресування сирцю. Оптимальна вологість сировинної суміші при пресуванні цегли-сирцю залежить від різних чинників. На кожному заводі силікатної цегли цю величину встановлюють дослідним шляхом. Орієнтовано можливо рахувати, що оптимальна вологість сировинної суміші складає близько 6-7% від її загальної маси.

Збільшення вологості суміші більше оптимальної не дає можливості спресувати сирець, зняти його зі столу преса та покласти на вагонетку. Зменшення вологості приводить до отримання сирцю низької міцності, який розломлюється під дією своєї ваги. Крім цього, недостатній вміст води в сирцю лишає вапно необхідній пластичності, яка забезпечує зв'язок між окремими зернами піску. Вміст води в сировинній суміші систематично контролює лабораторія заводу. Орієнтовно вологість суміші можна визначити безпосередньо у преса. Це робиться наступним чином: пробу суміші беруть в руку та здавлюють. Якщо при цьому суміш не розпадається та на грудках не залишають слабкі відбитки пальців – вологість маси близька до норми.

Процес пресування цегли-сирцю складається з наступних операцій: заповнення пресових форм масою, пресування сирцю, витягування сирцю на поверхню столу, зняття сирцю зі столу, складання сирцю на запорочні вагонетки. Сировинну суміш, виготовлену в силосах або сушильних барабанах,

подають за допомогою стрічкового транспортера в бункер над змішувачем преса. Подачу суміші в прес-змішувач регулюють з таким розрахунком, щоб суміш завжди заповнювала її приблизно на $3/4$ об'єму. Якщо маса має більш низьку вологість, чим потрібно, її додатково зволожують в прес-змішувачі. Уздовж стінок прес-змішувача покладена водопровідна труба. Зволожена суміш змішується ножами прес-змішувача при обертанні їх і надходить у дві суміжні пресові форми через отвір, який знаходиться на дні змішувача. При пресуванні стіл преса залишається нерухомим, а ножі прес-змішувача, обертаючись, заповнюють масою наступну пару пресових форм. Величина тиску пресування, а отже міцність напівфабрикату варіюється шляхом зміни висоти заповнення пресових форм сировинної сумішшю: зі збільшенням останньої щільність напівфабрикату збільшується. Зняття напівфабрикату та садка на запарочну вагонетку може проводитися вручну або автоматизовано.

1.4.8. Автоматична лінія доставки цегли-сирцю до автоклава

Візок автоклавний з стопою 512шт . або з стопою 1280шт. З цеглою - сирцем по лінії доставки, через поворотні кола автоматично доставляється і зупиняється напроти потрібного автоклава, у якого торцеві кришки відкриті. Поворотний круг автоматично повертає візок на 90 градусів. Штовхач автоматично заштовхує візок автоклавний з стопою 512шт. або з стопою 1280шт . цегли -сирцю. в автоклав. З протилежного кінця автоклава візок автоклавний з стопою 512шт. або з стопою 1280шт. виготовленої силікатної цегли виштовхується на лінію доставки на поворотний круг напроти укладальника стопи 512 шт. на дерев'яний піддон і до лінії доставки. Порожні візки автоклавні направляються до гіперпресу. І так цикл за циклом поки автоклав буде заповнений повністю цеглою-сирцем. Торцеві кришки автоклава закриваються.

1.4.9.Автоклавна обробка

Вапняно-піщані вироби за умов автоклавної обробки тверднуть завдяки утворенню гідросилікатів кальцію. Таке тверднення називається гідросилікатним. Щоб придати силікатній цеглі необхідної міцності, її треба оброблювати насиченою парою під тиском – від 8 до 12 атмосфери. Температура насиченого пару складає від 174,5 до 187,0°C. Температурний вплив на сирець при автоклавній обробці допомагає протіканню реакції утворення цементуючої речовини з максимальною інтенсивністю. В процесі автоклавної обробки (запарювання) цегли-сирцю виділяють три стадії:

- Перша стадія починається з моменту впуску пари до автоклава і закінчується при настанні рівності температур теплоносія (пари) та опрацьованих виробів.
- Друга стадія характеризується постійністю температури та тиску в автоклаві. В цей час отримують максимальний розвиток всі ті процеси, які спонукають до утворення гідросилікатів кальцію, а таким чином, і твердненню опрацьованих виробів.
- Третя стадія починається з моменту припинення доступу пари до автоклаву та включення часу охолодження виробів в автоклаві до моменту розвантаження готової цегли.

В першій стадії запарювання до автоклаву подається насичена пара з температурою 175°C під тиском 8 ат. При цьому пара починає охолоджуватися та конденсуватися на сирцю та стінках автоклаву. Після підняття тиску пара починає проходити в маленькі пори цегли і тут перетворюється в воду. Отож, до води, введеної при приготуванні силікатної маси, приєднується вода від конденсації пари. Утворений в порах конденсат розчиняє присутній в сирцю гідрат оксиду кальцію та інші розчинні речовини, які входять до складу сирцю. Відомо, що пружність пари розчинів нижча пружності пари чистих розчинників. Отож, протікаючи в автоклаві водяна пара буде конденсуватися над розчинами вапна, прагнучи понизити їх концентрацію. І нарешті, однією із

причин конденсації пари в порах сирцю є капілярні властивості матеріалу. Роль пари при запарюванні зводиться до збереження води в сирцю в умовах підвищених та високих температур. При відсутності пару відбувалося б швидке випаровування води, а таким чином, висихання матеріалу та повне закінчення реакції утворення цементуючої речовини – гідросилікату кальцію. З того моменту, коли в автоклаві буде досягнута найбільша температура (175-187°C), починається друга стадія запарювання. В цей час максимальний розвиток отримують всі ті процеси, які ведуть до утворення моноліту. До цієї митті пори сирцю заповненні водним розчином Ca(OH)_2 , безпосередньо стикаються з кремнеземом піску. Таким чином, в розглянутих умовах взаємодії між вапном та кремнеземом протікають при присутності розчину. В результаті цієї взаємодії утворюються нові речовини – гідросилікати кальцію. Спочатку гідросилікати знаходяться в колоїдному стані, а потім перетворюються в кристали та зрощують піщинки між собою. Таким чином, в другій стадії запарювання утворення гідросилікатів кальцію та перекристалізація їх спричиняє твердненню цегли-сирцю. При автоклавній обробці силікатної цегли спочатку утворюється двох кальцієвий гідросилікат, який потім переходить в одно кальцієвий силікат. Після автоклавної обробки вагонетки з цеглою лебідкою вивантажуються на ділянку готових виробів.

Таким чином, повний технологічний цикл запарювання цегли в автоклаві складається із операцій чистки та завантаження автоклава, закривання і закріплення кришок, подавання пари, видержування під тиском, випуску пари в атмосферу, відкривання кришок та розвантаження автоклаву.

Зовнішній вигляд промислових автоклавів наведено на рис.1.13.



Рис.1.13. Автоклав промисловий

Автоклави обладнані байонетними затворами, показаними на рис.1.14.

1.4.10.Доставка цегли до укладальника стопи

Автоклавний візок з стопою 512шт . або з стопою 1280шт . силікатної цегли викочується з автоклава на поворотний круг , автоматично робить поворот на 90 градусів на поворотному колі і далі автоматично пересувається кареткою з штовхачами на поворотний круг навпроти укладальника стопи.

1.4.11.Укладання цегли

Від автоклава візок зі стопою 512шт. силікатної цегли автоматично пересувається і зупиняється на поворотному колі навпроти укладальника стопи. Укладальник стопи автоматично стискає стопу 512шт. силікатної цегли і переносить її на дерев'яний піддон , який встановлений на ланцюговому транспортері на лінії доставки на холодний склад , а пустий візок автоклава пересувається до укладальника-сирцю.

Коли укладальник стопи переніс стопу 512шт . з силікатною цеглою на дерев'яний піддон, порожній візок на поворотному колі робить поворот на 90 градусів і автоматично пересувається кареткою з штовхачами до укладальника - сирцю. І весь цикл повторюється знову.

1.4.12 . Пакування цегли для відправки

Дерев'яний піддон зі стопою 512шт . силікатної цегли по ланцюговому транспортеру автоматично пересувається до пакувальника, де дерев'яний піддон з стопою 512шт. на поворотному колі обертається і упаковується в поліетіленову плівку.

1.4.13.Відправка цегли на холодний склад

Після упаковки стопи 512шт. силікатної цегли в поліетіленову плівку на дерев'яному піддоні встановленому на ланцюговому транспортері автоматично пересувається за стіни будівлі для складування на холодному складі за допомогою автокара.

1.5. Принцип роботи автомата-укладальника силікатної цегли-сирцю

Як вже зазначалось, у першому розділі даного дипломного проекту, у якості об'єкта автоматизації обрано автомат-укладальник силікатної цегли. Даний пристрій представляє собою стрічковий конвеєр із маніпуляторами, які переміщують цеглу на стрічку та з неї з метою упорядкування цеглин і складання їх у штабелі. Розглянемо детальне представлення даної ділянки виробництва, що зображена на рис. 1.11.

Автомат-укладальник призначений для знімання силікатної цегли-сирцю зі столу преса і укладки її на запарочний візок в штабель, конфігурація якого відповідає поперечному перерізу автоклава. Будова його показана на рис. 1.14 [8] .

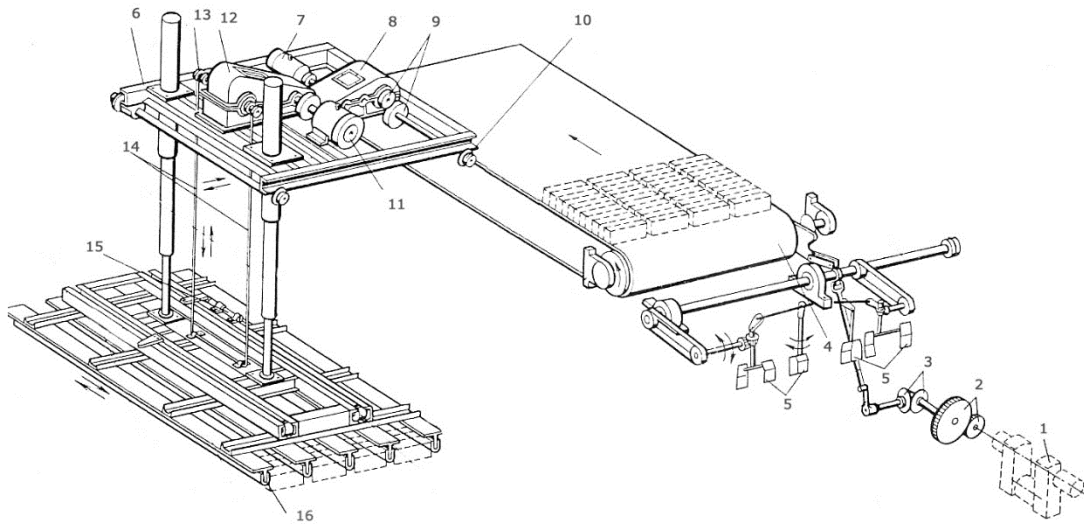


Рис. 1.14 Автомат-укладальник силікатної цегли-сирцю

1. колінчастий вал преса;
2. циліндрична зубчата передача;
3. конічна зубчата передача;
4. транспортер-накопичувач;
5. пневмозахоплювачі;
6. переносний візок;
7. електродвигун переміщення;
8. редуктор;
9. циліндрична зубчата передача;
10. котки;
11. електродвигун підйому-спуску;
12. редуктор;
13. барабани;
14. канат;
15. підйомна рама;
16. пневмошини.

Автомат-укладальник складається з приводу, транспортера-накопичувача, знімача-кантувача, переносного візка з підйомом і висуванням пневмошин, електричного обладнання управління.

Автомат отримує механічну енергію від колінчатого вала 1 преса. Привод відбору потужності включає циліндричну 2 і конічну 3 зубчаті передачі і кривошип. Кривошип за допомогою тяги передає коливальні рухи від преса до транспортера-накопичувача 4. Знімач-кантувач складається з двох парних пневмозахоплювачів 5, які затискають цеглу, знімають її зі столу преса, розвертають в лінію, кантують на 90° і встановлюють на поверхню транспортера-накопичувача 4. При холостому ході знімача пневмозахоплювачі 5 повертаються в вихідне положення.

Під час переносу цеглин з преса на транспортер-накопичувач 4 його стрічка переміщається на величину, рівну товщині цеглини. В результаті цього на транспортері-накопичувачі звільняється місце для установки наступного ряду цегли. Після набору на стрічці транспортера-накопичувача шару цегли візок 6 переносить його на запарочний візок для укладки в штабель. Переносний візок 6 має привод переміщення який складається з електродвигуна 7, редуктора 8, зубчатої циліндричної передачі 9 і катків 10, які рухаються по рейках (на малюнку не показані).

На переносному візку змонтований також механізм підйому-спуску, який складається з електродвигуна 11 і редуктора 12, на обох кінцях вихідного вала якого закріплені барабани 13 для намотування канату 14. Канат прикріплений до підйомної рами 15 з пневмошинами 16.

Після закінчення набору шару цегли на стрічці транспортера-накопичувача 4 пневмошини 16 опускаються в зазори між рядами цегли і після подачі стиснутого повітря затискають весь шар, після чого піднімаються в вихідне положення. Механізм пересування візка переміщає його на позицію укладки, де пневмошини знижуються на вихідний рівень укладки даного шару.

1.6. Робота схеми управління автомата-укладальника

Схема електрична принципова, наведена на рис. 1.15. Кнопкою SB2 запускаємо укладальник, реле KV3 стає на самоблокування, лампочка HL1 сигналізує увімкнення. Залежно від положення УП схема працює в автоматичному чи ручному режимі.

При укладці одного ряду цегли на конвеєр спрацьовує SQ1 і через KV6 подає сигнал лічення на електронний блок АСУ-УК1, який після укладання 19 рядів за допомогою реле KV7 запускає через KM1 двигун протяжки конвеєра для установки шару цегли строго посередині, час протяжки задається потенціометром електронного блока, одночасно починається опускання рейок з пневмошинами (KV10-KM2) до спрацювання через контроль натягу тросу SQ5, який через KV13 і KV7 припиняє опускання. Через контакти KV2.8 і KV5.4 запускається YA2 для впуску повітря, а піднімання рейок відбувається лише через 1 секунду – час, необхідний для надійного захоплення цеглин і заданий KT1.

Підйом закінчується при спрацюванні SQ4 і починається перенос (KM4) до спрацювання SQ3, після чого рейки опускаються до спрацювання SQ5, спрацьовує YA1 випуску повітря, а також KT2, яке забезпечує витримку часу в 6 с для відлипання цегли від пневмошин, потім замикаються його контакти KT2.1 і спрацьовує KV9, яке припиняє впускання повітря.

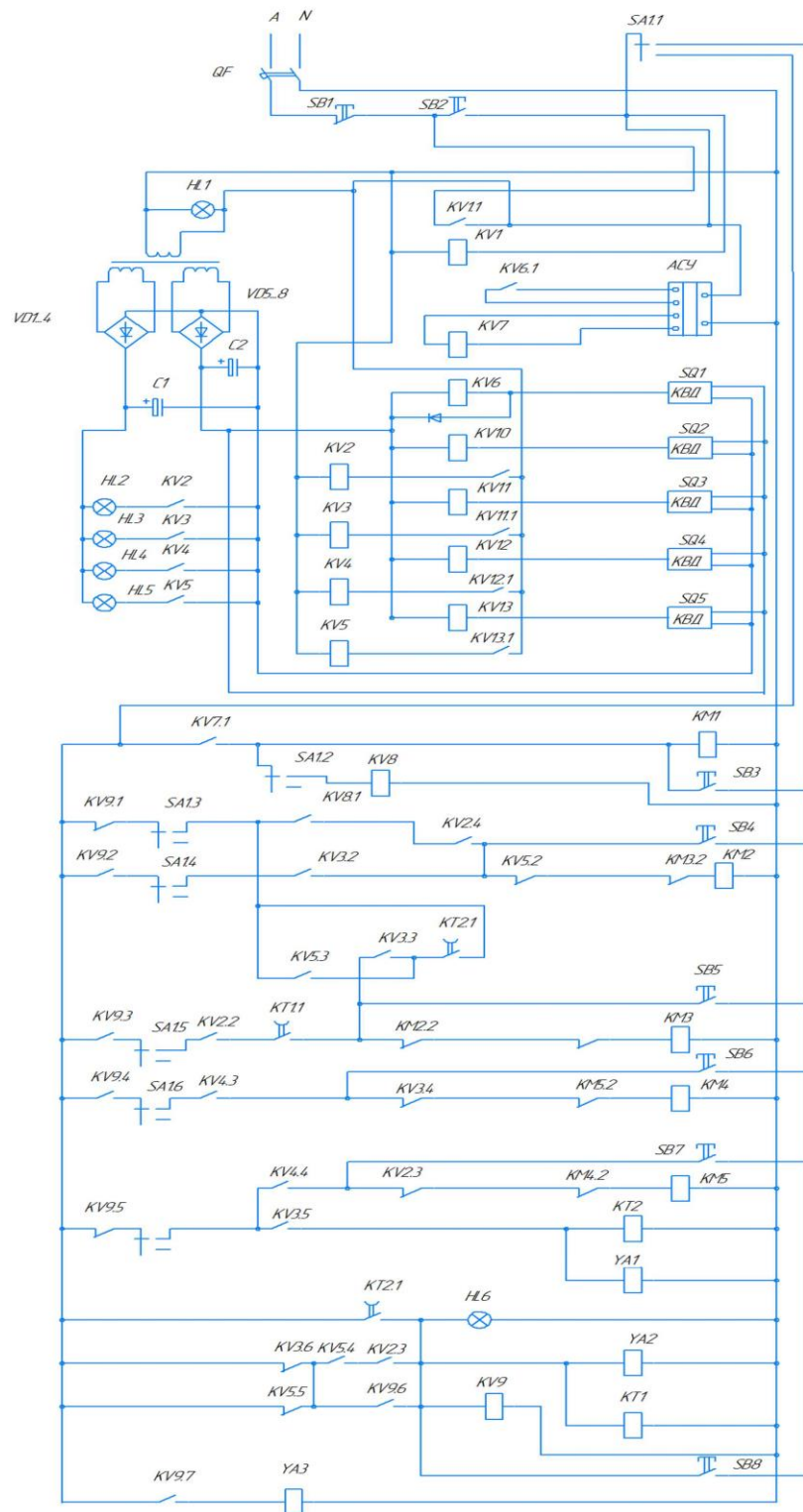


Рис. 1.15. Схема електрична принципова, існуюча

Рейки повертаються у вихідне положення (над конвєсром).
Пневмошини завжди наповнені повітрям, а випуск його можливий лише в

нижніх положеннях рейок. Завдяки закладеній в ПЗП АСУ-УК1 (та за допомогою логічних елементів) програмі, 7-й - 18, 8, 9, 10-й - 15, 11-й - 11 рядів відповідно для узгодження форми пачки цегли і перерізу автоклава.

Після того, як переносник шару повертається від лафета за сімнадцятим шаром садки, спрацьовує БВК 23 (РП 3), встановлений на програмному пристрої, і включає РП 4. РП 4 у свою чергу включає в роботу БВК 15 і переносник ряду вже починає працювати не від десятої цегли (БВК 3), а від восьмої (БВК15), тому сімнадцятий шар набирається з восьми цеглин. Після того, як захоплення шару пішли вниз за сімнадцятим шаром, БВК 17 (Р 16) через підготовлену РП 14 ланцюг дає імпульс РВО 1. РВО 1 відключає муфту преса і прес зупиняється. Це дає можливість підготувати автомату ланцюг для набору вісімнадцятого шару садка. Після підготовки схеми та закінчення часу РВО 1, прес включається автоматично. Переносник шару після повернення за вісімнадцятим шаром готує схему для його набору. БВК 24 включає РП 5. Через його контакти відключається М 3 і відсікає ще дві цеглини ряду, їх на вісімнадцятому шарі залишається шість штук, також РП 5 відключає БВК 14, на якому зупиняється переносник шару з сімнадцятим шаром. Після того, як набрався вісімнадцятий шар та БВК 21 (Р 20) включає ПМ 4. БВК 21 (Р 20) відключає прес. Подальше включення преса виконується кнопкою. Далі цикл повторюється.

Робота електросхеми автомата-укладальника у автоматичному режимі.

Перед початком роботи автомата-укладальника потрібно на пульті керування автоматично повернути ключ у положення «автомат» і включити ланцюг керування кнопкою 9. Кнопкою 12 включити силовий ланцюг. Увімкнути прес.

Після випресування цегли (4 шт.) нижній пуансон виштовхує їх з форми. У верхній точці підняття цегли включається клапан подачі повітря захоплення чотирьох цеглин, спрацьовує від БВК1 (Р 1) , встановленому на

майданчику; на валу преса закріплюються екрани на БВК. Тривалість роботи клапана залежить від довжини екрану.

Після того як цегла перенесена на транспортер накопичувача ряду і захвати зійшли з них, включається транспортер ряду ПМ1 в поштовховому режимі від БВК2 (Р 2), встановленому там же, де БВК1, ПМ1 блокується БВК 26 (Р22), встановленому на транспортері ряду та спрацьовує від диска на валу приводного барабана транспортера ряду. За один цикл роботи преса транспортер ряду включається двічі на просування по дві цеглини.

Після набору десяти цегли під захватами ряду десятою цеглою включається БВК3 (Р 3), який дає сигнал на опускання захватів ряду вниз (М2) в нижньому положенні. Від захватів ряду вимикається БВК4 (Р4), встановлений на каретці захватів ряду. БВК4 (Р4) включає РВ 2 на витримку часу знаходження захватів ряду внизу та РП1, яке блокується власними контактами. РП1 включає подачу стиснутого повітря захватів ряду (М3 і М4). Після закінчення витримки часу РВ2 відключає Р3 М2 відключається, захвати ряду піднімаються вгору. Рахунковий механізм, встановлений на захваті ряду, включає БВК25 (Р21), який подає команду на хід переносника ряду вперед М5. Дійшовши до крайнього переднього положення, екран, встановлений на рамі переносника ряду, включає БВК6 (Р6), який подає сигнал на опускання захватів ряду вниз (М2) і РВ3 на витримку часу знаходження захоплень ряду внизу, над транспортером-накопичувачем шару. У цьому положенні ланцюг РП1 розблокується і РП1 відключає подачу стисненого повітря в захвати ряду (М3, М4), так як спрацьовує Р4 і Р6. Після того, як витримка часу РВ3 закінчився, ланцюг М2 розриває Н3 контактами з витримкою часу РВ3. Захвати ряду піднімаються вгору. У верхньому положенні захватів ряду (переносник ряду попереду) БВК5 (Р5) включає транспортер накопичувача шару (ПМ2), так як при ході захватів ряду вгору БВК25 (Р21) відключається, М5 відключається і переносник ряду повертається у вихідне положення .

Транспортер – накопичувач шару (ПМ 2) працює заблокованим БВК19 (Р18) або БВК 20 (Р19), встановлених на фрикційному пристрої, який приводиться в рух диском, що знаходиться на валу приводного барабана транспортера накопичувача шару БВК20 (Р19) в роботу після набору дванадцяти шарів садки, так як БВК27 (Р23), встановлений на програмному пристрої БВК19 (Р 18), відключає, а БВК20 (Р18) та БВК 20 (Р 19) працюють від рівних дисків фрикційного пристрою: БВК19 (Р18) від диска з рівномірно розташованими западинами, а БВК20 (Р19) - від диска з нерівномірно розташованими западинами. Це пов'язано з схемою садки.

Після набору п'яти рядів на накопичувачі шару від БВК21 (Р20), встановленому на фрикційному пристрої, подається сигнал на опускання захватів шару вниз (ПМ 4). При ході захватів шару вниз від екрана встановленого на рейці між роликами, спрацьовує БВК17 (Р16), який включає подвоювачі крайньої цегли парного або непарного шару (М6 або М7) в залежності від положення РП2.

Захвати шару, дійшовши до нижньої точки над транспортером, відключають БВК13 (Р13), встановленим на рейці захватів шару (верхній). Р13 також дає сигнал РВ5 витримки часу на команду захватів шару вгору від транспортера шару. РВ5 дає сигнал на подачу повітря захвати шару (М9) через РП3, яке блокується через власні контакти. Після закінчення витримки часу на РВ5 захвати шару ПМ5 включаються вгору. Дійшовши до верхнього положення через БВК9 (Р9) ПМ5 відключається, а ПМ6 хід каретки переносника шару включається. Переносник шару йде до лафету. Дійшовши до лафета, ПМ6 відключається БВК11 (Р11), БВК12 (Р12) або БВК14 (Р14) (залежно від парності шару). ПМ4 включається, захват шару йде вниз до торкання лафетом або шаром. Спрацьовує БВК10 (Р10) «лапка», ПМ4 відключається, включається РВ6. Р10 відключає також РП3, яка відключає М9 (подача стисненого повітря захвату шару). Після закінчення витримки часу РВ6 включається ПМ 5, захвати шару йдуть вгору. Спрацьовують БВК9,

Р9 відключає ПМ5 включає ПМ7. Захвати шару йдуть до транспортеру накопичувача шару. Як тільки захвати шару дійшли до БВК7 (Р7) або БВК8 (Р8), ПМ7 відключається. Захвати шару чекають на наступну команду вниз. БВК7 та БВК8, а також БВК11 та БВК12 чергуються в роботі залежно від парності шару садки. Ними управляє БВК22, встановлений на програмному пристрої через РП2. На непарному шарі РП2 включає роботу БВК7 і БВК12, а на парному шарі БВК8 і БВК11. РП2 також управляє магнітами М6 і М7 (упорами ходу переносника шару).

Після того, як переносник шару повертається від лафета за сімнадцятим шаром садки, спрацьовує БВК23 (РП3), встановлений на програмному пристрої, і включає РП4. РП4 у свою чергу включає в роботу БВК15 і переносник ряду вже починає працювати не від десятої цегли (БВК3), а від восьмої (БВК15), тому сімнадцятий шар набирається з восьми цеглин. Після того, як захвати шару пішли вниз за сімнадцятим шаром, БВК 1 (Р16) через підготовлений РП14 ланцюг дає імпульс РВО1. РВО1 відключає муфту преса і прес зупиняється. Це дає можливість підготувати автомату ланцюг для набору вісімнадцятого шару садки. Після підготовки схеми та закінчення часу РВО1, прес включається автоматично. Переносник шару після повернення за вісімнадцятим шаром готує схему для його набору. БВК24 включає РП5. Через його контакти відключається М3 і відсікає ще дві цеглини ряду, їх на вісімнадцятому шарі залишається шість штук, також РП5 відключає БВК14, на якому зупиняється переносник шару з сімнадцятим шаром. Після того, як набрався вісімнадцятий шар та БВК21 (Р 20) включає ПМ4. БВК21 (Р20) відключає прес. Подальше включення преса виконується кнопкою. Далі цикл повторюється.

Для керування роботою автомата-укладальника використовуються електронні блоки АСУ-УК1, виробництво яких на даний час припинено, а відновлення і перепрограмування майже неможливе. Отже існує необхідність їх заміни на мікроконтролерний блок управління, а також, для підвищення

надійності, провести заміну застарілих елементів схеми на сучасні проміжні реле та електронні реле часу. Але мікроконтролер здатний справитись з логічними функціями даної схеми та виконати функції кількох реле часу, що значно зменшить кількість елементів схеми управління, а отже спростить обслуговування.

Вхідними елементами даного електронного блоку будуть 3 кінцевих вимикачів, 2 кнопки, 1 контакт реле переходу на ручне управління (з метою фіксації часу такого переходу для обліку продукції) і реле тиску, а вихідними – 5 пускачів і 1 електромагніт (оскільки можливо замінити 2 пневморозподільники для впуску і випуску повітря на 1 з випуском повітря з пневмошин у нейтральному положенні), а також 1 пристрій звукової сигналізації для попередження про небезпечний для оператора технологічний процес і сигналізацію збою.

1.7. АСУ ТП як основа автоматизації технологічних процесів

Процес виготовлення силікатної цегли вимагає великої кількості устаткування, розташованого на значній території. Керування таким процесом не може бути здійснене з одного локального контролера, а тому потребує застосування інших підходів. У цьому випадку доцільно розподілити процес на окремі ділянки або зони, керування якими покладено на окремі контролери.

Використання окремих ізольованих локальних систем керування, заснованих на різних та часто несумісних апаратних рішеннях, не сприяє ефективному керуванню процесом через незгоду роботи окремих контролерів, і, отже, не дозволяє досягти максимального звільнення операторів від участі в процесі.

У таких умовах ефективним рішенням для автоматизації є побудова автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), які забезпечують централізоване керування окремими вузлами - системами

керування, контролерами, модулями тощо. Ці вузли, у свою чергу, керують локальними об'єктами - устаткуванням на відповідних етапах технологічного процесу.

Весь технологічний процес розбивається на окремі ділянки або зони відповідальності, кожною з яких керує окремий контролер. Ці контролери утворюють вузли системи, які зв'язані між собою за допомогою різних цифрових ліній зв'язку. Такий підхід дозволяє, по-перше, забезпечити узгоджену роботу окремих контролерів, а по-друге, забезпечити віддалене диспетчерське керування процесом.

Отже, побудова автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), що реалізують централізоване керування окремими вузлами та віддалене диспетчерське керування, є ефективним підходом. В даному випадку – до автоматизації виробництва силікатної цегли.

розглянемо сучасні підходи до структури ієрархічних систем автоматизованого управління технологічними процесами (АСУ ТП). В таких системах використовуються розподілені АСУ, які ґрунтуються на принципах телемеханічних комплексів. В результаті будуються багаторівневі розподілені системи з ієрархічною (деревоподібною) структурою. Загальну структуру такої багаторівневої ієрархічної розподіленої АСУ ТП можна побачити на рис. 1.16.

У цій структурі використовуються два типи вузлів: "пункти управління" (ПУ) та "контрольовані пункти" (КП). Верхній рівень АСУ складається з пункту управління та автоматизованого робочого місця оператора (а при необхідності - диспетчерського щита). Нижні рівні представлені мережею контрольованих пунктів, які виконують функції передачі даних між вузлами (ретрансляція) та/або взаємодію з об'єктами керування.

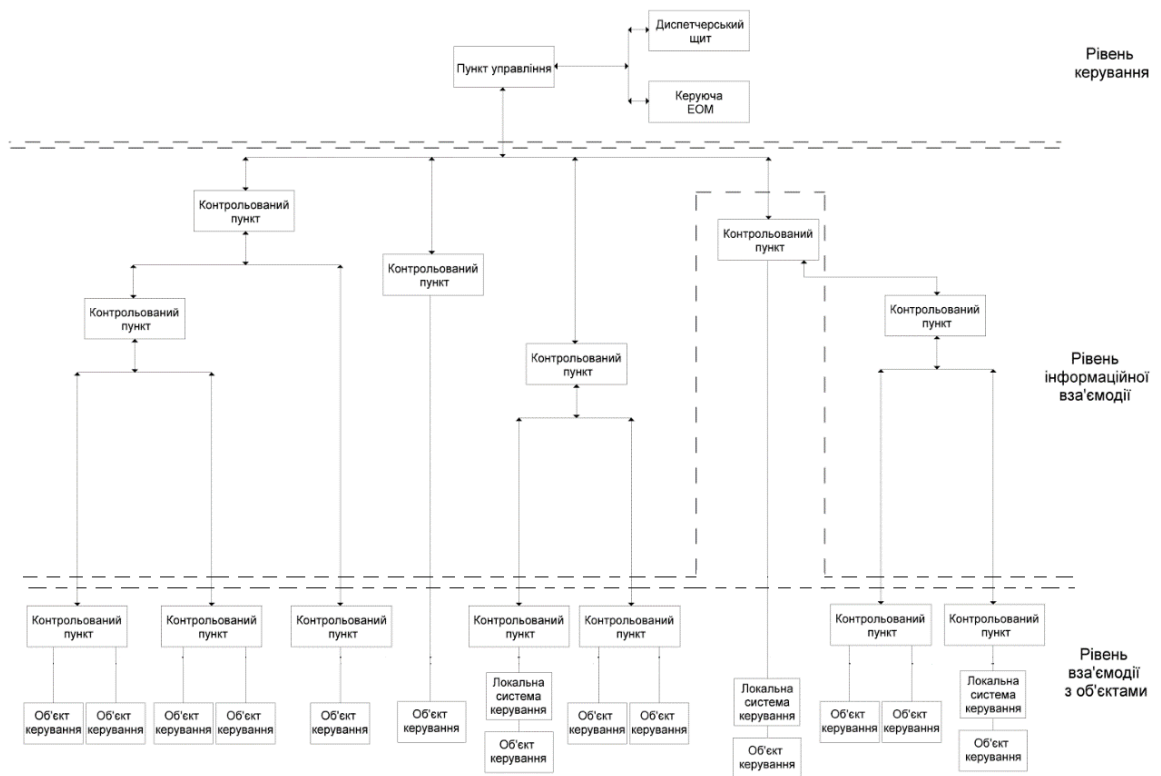


Рис. 1.16. Загальна структура розподіленої АСУ ТП

Таким чином, в сучасній ієрархічній АСУ можна виділити 3 рівні:

На верхньому рівні, який називається рівнем керування, відбувається загальне керування технологічними процесами. Це включає визначення рецептів, керування етапами процесів, активацію або деактивацію ділянок або одиниць обладнання цеху, встановлення заданих значень керованих параметрів і т. д. Для цього формуються інформаційні пакети, які надсилаються до підлеглих вузлів, а також отримуються відповідні пакети-відповіді.

На рівні керуючої електронно-обчислювальної машини (ЕОМ) також виконуються завдання виведення алфавітно-цифрової та графічної інформації про стан об'єктів, архівація даних та інша обробка інформації. Зазвичай, у існуючих телемеханічних системах функції керування виконуються лише на верхньому рівні, до якого зводиться інформація про

поточний стан об'єктів. Відповідно до цього, на верхній рівень надсилаються повідомлення про зміну стану виконавчих механізмів.

Для підвищення ефективності роботи АСУ і забезпечення більш оперативного реагування на зміни стану об'єктів, доцільно перенести деякі функції керування з верхнього рівня на місцеві контролери. Це означає, що на місцеві контролери будуть надсилатися повідомлення про задані значення та отримуватися з них інформація про об'єкти, але лише з метою надання довідкової інформації оператору. Таке перерозподілення функцій дозволить покращити ефективність роботи АСУ, зменшити затримки та підвищити швидкість реагування на зміни стану системи.

Рівень передачі інформаційних посилок. На цьому рівні забезпечується передача інформаційних пакетів від вузлів верхніх рівнів до вузлів нижчих рівнів і навпаки. Ця передача може відбуватися широкосповіщувальним (широкомовним) способом, де всі підлеглі вузли отримують розмножену інформацію з верхнього вузла, поки пакет не досягне призначеного вузла.

Рівень взаємодії з об'єктами. На цьому рівні здійснюється видача керуючих впливів безпосередньо на виконавчі механізми об'єктів керування, а також збір (зняття) інформації з датчиків та вимірювальних систем. Крім того, на цьому рівні можлива інтеграція локальних систем автоматизації та контролю (САК) за допомогою інтерфейсів інформаційної взаємодії, наприклад RS-232, в централізовану АСУ.

У сучасних підходах до структури вузлів (ПУ та КП) використовується набір уніфікованих функціональних блоків або модулів. Кожен КП (і також ПУ) має модульну структуру, в якій функціональні модулі з'єднані внутрішньою шиною даних. Функціональність вузла залежить від комбінації необхідних функціональних модулів, яка визначається призначенням вузла.

Модулі використовуються в необхідній кількості для реалізації потрібної кількості каналів введення або виведення даних (каналів керування). В проміжних вузлах ретрансляції даних, які виконують роль ПУ

та КП, використовуються відповідні модулі зв'язку. КП, які безпосередньо взаємодіють з технічними об'єктами, використовують модулі взаємодії з об'єктами, які можуть включати в себе введення/виведення аналогової та/або дискретної інформації, спряження з пристроями за допомогою спеціальних інтерфейсів, датчиків тощо, а також один або кілька модулів зв'язку.

Таким чином, кожен КП може виконувати лише завдання передачі інформації до/від підлеглих вузлів (ретрансляція даних), лише завдання керування об'єктами або поєднувати обидва види завдань.

1.8. Мета, задачі, наукова новизна та практична цінність роботи

Об'єктом автоматизації в даному проекті є автомат-укладальник силікатної цегли. Даний пристрій представляє собою стрічковий конвеєр із маніпуляторами, які переміщують цеглу на стрічку та з неї з метою упорядкування цеглин і складання їх у штабелі.

Вхідний маніпулятор забирає спресовані з сировинної маси цеглини (по 4 штуки) зі столу преса. Робота даного маніпулятора відбувається синхронно з роботою преса. Вхідний маніпулятор в результаті спрацювання заповнює 1 ряд цегли по ширині стрічкового транспортера, таким чином необхідно кілька спрацювань маніпулятора з одночасним протягуванням стрічки транспортеру, щоб сформувати 1 шар цегли для укладки на запарочний візок.

Формування штабеля виконується вихідним маніпулятором, який захоплює сформований шар цегли зі стрічки конвеєра і складає їх у штабелі по висоті, при цьому кількість цеглин в кожному шарі починаючи з 7-го поступово зменшується згідно з профілем автоклава і видом цегли, що випускається (одинична чи півторачна).

Отже, робота всіх елементів укладальника (приводу стрічки, вхідного і вихідного маніпулятора) має бути узгоджена в часі. На даний момент це реалізується за допомогою релейно-контактної схеми керування із реле часу

та електронним лічильником, що в цілому є не досить надійним і може призвести до збоїв в роботі. Представляється доцільним розробка сучасної схеми автоматизації керування даним укладальником на основі мікропроцесора, який має узгодити роботу маніпуляторів і приводу стрічки конвеєра.

Основою системи керування укладальником є мікропроцесор, який виконує основні функції керування та узгодження пристроїв між собою. Пропонується виконати мікроконтролерний блок управління на основі Arduino Mega.

Система керування має забезпечувати такі функції:

1. Укладання цеглин вхідним маніпулятором на стрічку конвеєра, для чого:
 - видається керуючий сигнал про дозвіл роботи преса, який періодично ініціює спрацювання вхідного маніпулятора;
 - протягування стрічки конвеєра на наступну позицію після кожного спрацювання вхідного маніпулятора для звільнення місця під черговий ряд цеглин
 - реалізація руху стрічки без ривків
2. Зупинка пресу при неможливості прийняти наступний ряд цеглин
3. Позиціонування захватних пневмошин вихідного маніпулятора в необхідне положення над цеглинами на стрічці, захоплення шару цеглин, перенесення їх на запарочний візок і укладання в штабель. При цьому укладання кожного наступного шару має виконуватись з врахуванням поточної висоти штабеля
4. Узгодження роботи укладальника в цілому з керуючою системою технологічного процесу.

Отже, одним із сучасних підходів до побудови розподілених АСУТП є їх реалізація у вигляді телемеханічних систем і комплексів (ТМС). Такі розподілені АСУ виконують завдання диспетчеризації, керування віддаленими об'єктами, а

також збору і передачі інформації з/до віддалених об'єктів. У цьому випадку, АСУ будуються як багаторівневі системи з ієрархічною структурою. Ключовими вузлами є "пункти управління" (ПУ) та "контрольовані пункти" (КП). Верхній рівень АСУ складається з пункту управління та автоматизованого робочого місця оператора – керуючої ЕОМ, а при необхідності й диспетчерського щита. Нижні рівні утворені мережею контрольованих пунктів, що здійснюють передачу даних між вузлами та/або взаємодіють з об'єктами керування.

Таким чином, в сучасній ієрархічній АСУ можна виділити 3 рівні:

1) Рівень керування (верхній). На цьому рівні здійснюється загальне керування технологічними процесами, включаючи визначення рецептів, управління стадіями процесів, активацію/деактивацію різних ділянок або одиниць обладнання цеху, встановлення заданих значень контрольованих параметрів тощо. Це досягається шляхом формування інформаційних повідомлень, їх відправки до підлеглих вузлів і отримання зворотних повідомлень від них. Крім того, на рівні керуючої ЕОМ виконуються завдання виведення текстової та графічної інформації про стан об'єктів, архівування даних та інша обробка інформації.

2) Рівень реалізації інформаційної взаємодії. На цьому рівні забезпечується передачі інформаційних посилок (пакетів) від вузлів верхніх рівнів до вузлів нижчих рівнів та у зворотному напрямку.

3) Рівень взаємодії з об'єктами. На цьому рівні відбувається видача керуючих впливів безпосередньо на виконавчі механізми об'єктів керування, а також збір (зняття) інформації з датчиків та вимірювальних систем.

Як правило, у сучасних ТМС функції керування виконуються тільки на верхньому рівні (в керуючій ЕОМ), куди надходить інформація від об'єктів про їх поточний стан. У відповідь з верхнього рівня надсилаються команди для зміни стану виконавчих механізмів. Цей принцип ефективний, коли керуючі дії з верхнього рівня на нижній передаються рідко, наприклад, при дистанційному керуванні дискретними об'єктами (ввімкнення/вимкнення вимикачів на

електропідстанціях, насосів, світла, перемикання колій на залізничному транспорті тощо). Однак, при керуванні технологічними процесами, де необхідно регулювати неперервні параметри (порівнюючи задані та поточні значення параметрів), цей підхід створює значні проблеми. Регулювання параметрами віддалених об'єктів вимагає інтенсивного обміну даними між нижніми рівнями та верхнім, що призводить до значного збільшення інерційності реакції системи (затримок у формуванні керуючих впливів) на зміну стану об'єкта, оскільки цикл обміну даними з керуючою ЕОМ може займати значний час.

Підвищення ефективності роботи АСУ (оперативність реагування на зміни стану об'єктів) можна досягти шляхом перенесення частини функцій керування з верхнього рівня на місцеві контролери. Вони отримують команди із заданими значеннями і надають інформацію про об'єкти лише для довідкових цілей оператора. Функції регулювання (забезпечення необхідних значень параметрів) повинні повністю виконувати місцеві контролери, які можуть бути реалізовані як функціональні модулі вузлів АСУ. Це дозволить легко створювати та модифікувати АСУ для різноманітних розподілених промислових об'єктів.

Сучасний підхід до побудови вузлів (ПУ та КП) полягає у використанні уніфікованих функціональних блоків або модулів. Це означає, що кожен КП та ПУ мають модульну структуру, сформовану функціональними модулями, з'єднаними внутрішньою шиною даних. Функціональність вузла досягається шляхом комбінації потрібних типів модулів, що визначається їх призначенням. Кількість модулів залежить від необхідної кількості каналів введення або виведення даних (каналів керування). У ПУ та КП, що виконують роль проміжних вузлів ретрансляції даних, використовуються відповідні модулі зв'язку. У КП, які безпосередньо взаємодіють з технічними об'єктами, застосовуються модулі взаємодії з об'єктами (введення/виведення аналогової та/або дискретної інформації, спраження зі спеціальними інтерфейсами з пристроями, датчиками тощо) та один або кілька модулів зв'язку. Таким чином, будь-який КП може виконувати завдання передачі інформації до/з підлеглих

вузлів (ретрансляції даних) або завдання керування об'єктами, або поєднувати обидві функції. Як поширені шини даних можуть використовуватися I2C або SPI тощо.

Представляється доцільним застосувати викладений вище підхід зокрема для керування устаткуванням технологічного процесу виготовлення силікатної цегли. Таким чином, для керування роботою автомата-укладальника цегли є доцільною розробка мікропроцесорного контролера (функціонального модуля для вузлів ТМС), який дозволяє локально керувати переміщенням цеглин на стрічковий конвеєр автомата-укладальника для формування шару цеглин, а з іншої сторони – інтегруватися як один з модулів ТМС за допомогою інтерфейсу SPI. Будемо називати такий модуль – модуль керування автоматом-укладальником цегли (МКАУЦ).

Отже, **метою** даної роботи є автоматизація технологічного процесу виготовлення силікатної цегли на етапі формування штабелю цеглин в автоматі-укладальнику цегли-сирцю, що реалізує задачі локального керування – переміщення цеглин на стрічковий конвеєр та керування переміщенням конвеєра, а з іншої сторони – має можливості інтеграції з іншими контролерами інших ділянок технологічного процесу в єдиній системі керування.

Для досягнення вказаної мети в роботі необхідно виконати такі **задачі**:

1. Проаналізувати технологію виготовлення силікатної цегли, зокрема на стадії маніпулювання цеглинами автоматом-укладальником.
2. Обрати підхід для реалізації задачі автоматизації технологічного процесу із великою кількістю устаткування, розподіленого на території. Визначити підхід до будови модульної АСУТП виготовлення силікатної цегли.
3. Розробити функціональну схему автоматизації ділянки формування штабелю цегли на автоматі-укладальнику.

4. Обрати елементи автоматики, розробити структурну схему системи керування (модуля керування) автоматом-укладальником.
5. Обрати елементну базу контролера, розробити електричну принципову схему системи керування.
6. Розробити алгоритмічне забезпечення роботи мікроконтролера.

Об'єктом дослідження є: процес виготовлення силікатної цегли на етапі формування штабелю цеглин.

Предметом дослідження: автоматизація процесу виготовлення силікатної цегли шляхом побудови розподіленої АСКТП, що має архітектуру модульних ТМС.

Наукова новизна полягає в тому, що *набув подальшого розвитку* (зокрема для задачі автоматизації технологічного процесу виготовлення силікатної цегли на етапі формування штабелю цеглин) новий підхід до побудови розподілених АСКТП у вигляді модульних ТМС, в яких функції оперативного регулювання об'єктом перенесено з верхнього рівня на нижні рівні керування до місцевих контролерів (функціональних модулів ТМС), що забезпечує збільшення ефективності роботи АСКТП (зменшення інерційності у формуванні керуючих впливів та збільшення оперативності реагування на зміни стану об'єкта).

Практична цінність цієї роботи полягає в розробці технічного та алгоритмічного забезпечення мікропроцесорного контролера для ділянки формування штабелю цеглин за допомогою автомата-укладальника силікатної цегли. Контролер реалізований у вигляді функціонального модуля ТМС на основі нового підходу до побудови розподілених систем автоматизованого керування технологічними процесами, в якому функції оперативного керування об'єктом автоматизації перенесені з верхнього рівня керування на нижчі рівні, до місцевих контролерів, що сприяє підвищенню ефективності роботи системи автоматизації технологічного процесу.

2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Розробка функціональної схеми автоматизації ділянки виробництва

Для реалізації автоматизованої системи керування автоматом-укладальником необхідно було детально розробити технологічну схему, яка наведена в додатку А.

Автоматизована ділянка виробництва складається з 6 однотипних автоматів-укладальників при відсутності відносно швидкісних процесів, за виключення задачі позиціонування стрічки конвеєра з цеглою, виконання якої буде покладене на сервопривід з автономним блоком керування. Таким чином маємо вибір способу організації локального керування – обладнання кожного автомата мікропроцесором низького класу з можливістю мережевої комунікації або встановлення станцій дистанційного вводу – виводу у кожній з шаф керування автоматом.

Система автоматизації включає:

- мікропроцесорний контролер, який виконує ввід-вивод дискретних сигналів, та забезпечує виконання логічних операцій взаємозв'язку між вхідними та вихідними сигналами, передачу команд сервоприводам;
- людино-машинний інтерфейс для виводу повідомлень про помилки та аварійні режими та блок клавіатури, який забезпечує операторський інтерфейс (ввод даних про режими роботи);
- апаратура управління та сигналізації;

Шафи керування окремими автоматами-укладальниками:

- блок управління автомата-укладальника на основі Arduino Mega;
- сервопривід з можливістю мережевої комунікації, що самостійно виконує функції контролю переміщення і отримує завдання на переміщення з блоку управління автомата-укладальника та видає на ПЛК сигнал «виконано»

- апаратура управління та сигналізації

Пристрої польового рівня:

- серводвигун з вбудованим енкодером;
- контактні датчики положення;
- пневмоапаратура.

Усі мережеві елементи (мікропроцесор, блоки керування сервоприводу) мають вбудовані 2-портові комутатори.

2.1.1 Розробка функціональної схеми автоматизації окремого автомата-укладальника

Функціональна схема окремого автомата-укладальника силікатної цегли показана на рис. 2.1 та додатку Б, де GE – датчики положення; М – двигун; С – мікроконтролер.

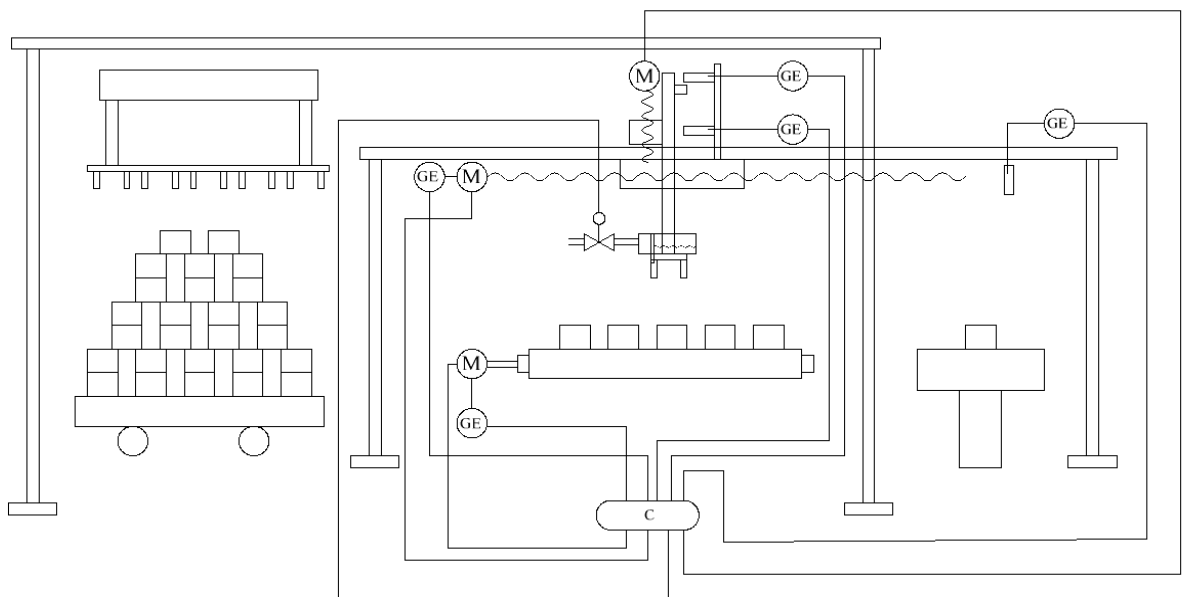


Рис. 2.1. Функціональна схема автоматизації окремого автомата-укладальника

Датчики положення (GE): Датчики положення розташовані на різних частинах автомата-укладальника, включаючи механізми захоплення цегли,

переміщення та відпускання. Вони передають інформацію про положення рухомих елементів до мікроконтролера.

Мікроконтролер (С): Він отримує дані від датчиків положення і приймає рішення щодо керування виконавчими механізмами для забезпечення потрібного руху автомата-укладальника. Мікроконтролер генерує сигнали керування для двигунів залежно від вхідних даних.

Виконавчі механізми (М): Це двигуни або мотори, які відповідають за рух рухомих елементів автомата-укладальника. Вони отримують сигнали керування від мікроконтролера і забезпечують переміщення в потрібному напрямку.

Механізми захоплення, переміщення та відпускання цегли: Ці механізми здійснюють захоплення цегли зі стопки, переміщення її на потрібну позицію на конвеєрі та відпускання на цільове місце.

Процес укладання цегли на конвеєр: Цей блок відповідає за фізичне укладання цегли на конвеєр після її переміщення і захоплення. Він включає механізми для точного розміщення цегли на конвеєрі.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1. Вибір технічних засобів автоматизації

Для забезпечення автоматизованої роботи системи потрібно отримувати поточні значення керуючих параметрів, тому для розв'язання даної задачі виберемо необхідні елементи.

3.1.1. Вибір апаратури захисту АД

Сучасний рівень розвитку захисної апаратури дозволяє здійснити всі види захисту АД (від КЗ, перевантаження, обриву фаз) за допомогою лише одного пристрою – автоматичного вимикача захисту АД, які підбираються за потужністю двигуна. Для АД, що використовуються в даній схемі, призначені такі автоматичні вимикачі: QF4 – LMS251T – 0,25кВт, QF3–LMS251V6T – 0,55кВт, QF2 – LMS252V5T – 0,75кВт, виробництва Lovato electric [10] (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Автоматичний вимикач захисту LMS25

3.1.2. Вибір електропневморозподільника

Основними критеріями при виборі електропневморозподільника є його пропускна здатність та робочий тиск. У каталозі FESTO Pneumatic пропускна здатність подана у л/хв. Отже, визначимо її для пневмошин у цих же одиницях:

$$Q = \frac{V \cdot p}{t} = \frac{4 \text{ л} \cdot 6 \text{ атм}}{0,0167 \text{ хв}} = 1445 \text{ л / хв}.$$

Цій пропускній здатності відповідає пневморозподільник MX9602, Q=2160л/хв, робочий тиск 6...10 атм. з котушкою MSXV (U = 24В, P = 28Вт, I=1,17А). При знеструмленні котушки вихідний канал з'єднується з атмосферою.

3.1.3. Вибір датчиків положення

Як вхідні елементи електронного блоку використовуємо безконтактні індуктивні датчики положення CARLO GAVAZI IAO8LF15NO [12] (рис. 3.2). Ці датчики повністю узгоджуюся з входами електронного блоку та живляться від призначених для цього клем електронного блоку +24В і –24В.



Рис. 3.2. Безконтактний індуктивний датчик положення CARLO GAVAZI IAO8LF15NO

Технічні характеристики дискового оптичного енкодера Bourbus серії PEC11 включають наступне: Роздільна здатність 16,24 або 32 виріз на оберти. Електричний вихідний сигнал цифровий (TTL), Напруга живлення 5 В,

Максимальна швидкість обертання до 10000 обертів на хвилину, Операційна температура від -40С до +85С.



Рис.3.3 Енкодер Bourns PEC11

3.1.5. Вибір реле

Чотирьохканальний модуль – реле (має 4 комутуючих реле). Може управлятися напряду безпосередньо більшістю мікроконтролерів: Arduino, AVR, PIC, ARM і MSP430. Кожному реле необхідно струм 15-20мА і напруга 5В для спрацьовування. Максимальний струм навантаження 10А при напрузі 250В. Зображення модуля наведене на рис. 3.4.

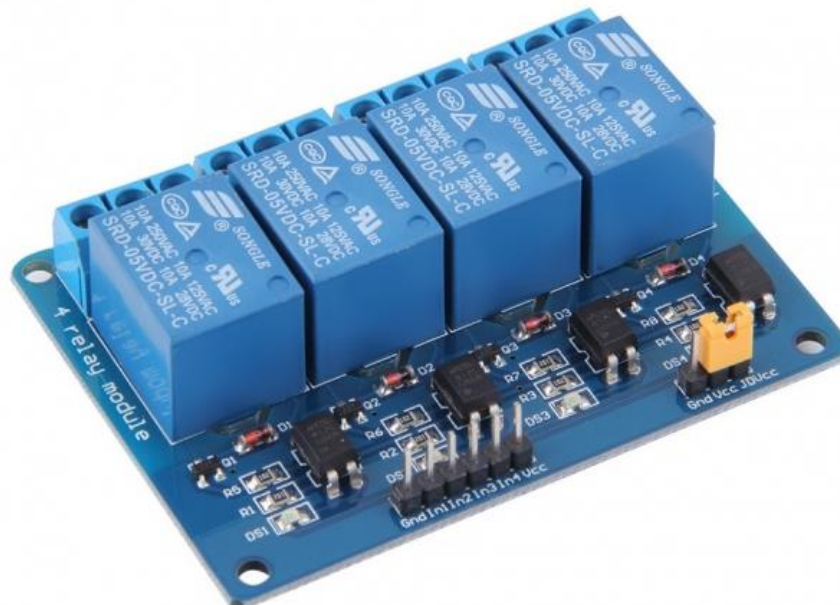


Рис. 3.4. Зовнішній вигляд плати реле

Дана плата забезпечує можливість керувати вибраним виконавчим механізмом, є досить простою в управлінні та має можливість подавати різні величини напруги в колі перетворення рівнів (в колі оптопари). Також за допомогою «джампера» ми маємо можливість розірвати коло перетворення і користуватись світлодіодами для відлагодження і перевірки надходження сигналу на плату реле.

Модуль реле має 6 вхідних контактів:

1) IN1 - IN4 – це контакти керування 4-ма реле. На ці піни подається керуючий сигнал з мікроконтролеру. При подачі сигналу на плату спрацьовує реле відповідного каналу.

2) Vcc та GND – контакти живлення плати, що підключаються до виходу стабілізованої напруги (5В) та землі мікроконтролеру.

Також на платі присутній «джампер», що з'єднує між собою точки живлення у колі оптопари. Якщо «джампер» від'єднаний ми розриваємо коло перетворення рівню. В такому випадку ми маємо можливість користуватись світлодіодами для відлагодження і перевірки надходження сигналу на плату реле (за допомогою світлодіоду) або подавати різні величини напруги на контакти Vcc та JDVcc.

У кожного реле є 3 вихідні клеми: NC, NO та COM. При спрацюванні реле NC більше не з'єднаний з COM, а NO – навпаки.

Схема електрична принципова одного каналу плати реле наведена на рис. 3.4.1.

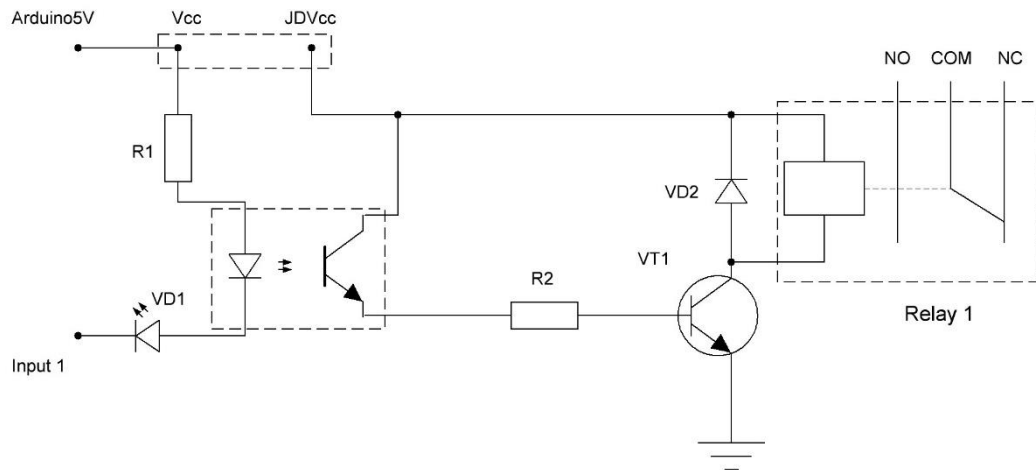


Рис. 3.4.1. Схема електрична принципова плати реле

Двохканальний модуль реле для Arduino – це пристрій, який дозволяє Arduino керувати зовнішніми електричними навантаженнями, такими як лампи, мотори, соленоїди і т. д., за допомогою електромагнітних реле. Такий модуль зазвичай має два незалежних канали, кожен з яких має своє реле для комутації струму.

Модуль реле RelayModule-5V-2 (або просто 2-канальний модуль реле 5V), зображений на рис. 3.5, є одним з популярних модулів реле, які використовуються з Arduino та іншими мікроконтролерами. Основні технічні дані цього модуля включають таке:

1. Напруга живлення: 5 В постійного струму (VCC) для живлення модуля.
2. Кількість каналів: Модуль має два незалежних канали реле, кожен з яких може управляти окремим електричним навантаженням.
3. Максимальний струм комутації: Зазвичай максимальний струм комутації для кожного каналу становить 10 ампер.
4. Керуюча напруга: Для активації кожного реле потрібна керуюча напруга 5 В.

5. Інтерфейс зв'язку: Звичайно, модуль підключається до Arduino або іншого мікроконтролера за допомогою цифрових пін. Використовуються звичайно два цифрові входи/виходи для керування кожним каналом реле.

6. Розміри: Розміри модуля можуть бути приблизно 50 мм × 35 мм × 18 мм (довжина × ширина × висота).



Рис.3.5. Модуль реле RelayModule-5V-2

3.1.4. Вибір напівпровідникових пускачів

При виборі даних приладів користуємось каталогом CARLO GAVAZZI.

A1 – CARLO GAVAZZI RR2I4015HAP – нереверсивний, на трифазні двигуни, напруга 380 В, потужністю до 1,5 кВт.

A3 – CARLO GAVAZZI RR2I4015HDP – реверсивний, на двигуни потужністю до 1,5 кВт.

A2 – CARLO GAVAZZI RR2I4005HDP – реверсивний, на двигуни потужністю до 0,5 кВт.

Всі пускачі працюють за принципом дії оптосимістора і мають коло управління, розраховане на 24 В і струм управління 0,02А. Оскільки потужність двигунів складає половину і менше номінальної потужності

пускатча, а також є меншою або рівною 0,75 кВт, то застосування радіатора для тепловідводу є необов'язковим.

3.1.6. Вибір приладів управління та сигналізації

Найширший спектр даної апаратури випускається під маркою Lovato electric, тому всі нижченаведені прилади виберемо з каталогу цієї фірми.

SB1 – грибова кнопка з 2 розмикаючими контактами і поверненням у вихідне положення поворотом, $I_{\text{ном}} = 3 \text{ А}$ при напрузі 250 В. SB2, VD2 – кнопка з одним розмикаючим контактом $I_{\text{ном}} = 3 \text{ А}$ при напрузі 250 В і світлодіодом на 24 В, 17 мА (параметри контактів і світлодіодів нижченаведених приладів – аналогічні, типорозмір – 22). SB3, VD3 – SB9, VD10 – замикаюча кнопка з світлодіодом. SB10 – розмикаюча кнопка. VD9 – лампа-моноблок світлодіодна на 24 В. HL1 – лампа-моноблок розжарювання на 220 В, 0,05А. HA1 прилад звукової сигналізації на 24 В, 0,04 А.

3.1.7. Вибір блоку живлення

У випадку найбільшого навантаження у колі управління (працює пневморозподільник, його реле, напівпровідниковий пускач, реле, що його блокує, 3 світлодіоди, 3 реле ручного управління) сумарний струм становитиме $I = 1,17 \text{ А} + 5 \cdot 0,062 \text{ А} + 0,02 \text{ А} + 3 \cdot 0,017 = 1,551 \text{ А}$. Отже, виберем з каталогу Wieland електронної бази даних блок живлення Wipos 2 з вихідною напругою 24В і струмом 2 А, $\eta = 0,9$. Цей блок живлення має захист вихідного кола від КЗ і перенавантаження.

3.1.8. Вибір запобіжників

Запобіжники вибираємо з каталогу торгової марки “Промелектро”.

FU1: у колі блока живлення з високої сторони, ТП-10, $I = P/(U \cdot \eta) = \approx 0,25 \text{ А}$.

FU2: у колі живлення електронного блоку програмованого логічного контролера, ТП-10, $I = 0,25 \text{ A}$ (згідно з описом приладу).

FU3. В кожен момент часу працює пускач з світлодіодом та можливо реле. $I = 0,02\text{A} + 0,017\text{A} + 0,06\text{A} = 0,097\text{A}$. Найближче більше значення струму запобіжника ТП-10 – 100мА.

FU4. В колі цього запобіжника може працювати одночасно або пускач з світлодіодом, або прилад звукової сигналізації з світлодіодом. Оскільки в останньому випадку струм є дещо більшим, то розрахуємо його: $I = 17\text{мА} + 40\text{мА} = 57\text{мА}$, отже номінальний струм запобіжника типу ТП-10 знову ж становитиме 100мА.

FU5. Додамо струм пневморозподільника, реле та світлодіода, щоб отримати максимальний можливий струм: $I = 1,17\text{A} + 0,06\text{A} + 0,017\text{A} = 1,247\text{A}$, а отже вибираємо запобіжник з номінальним струмом 1,25А.

3.1.9. Вибір рубильника

Виберемо з каталогу продукції Terasaki рубильник Terasaki TemControl TDS (3-полюсний, максимальний струм 32 А при напрузі 380 В), оскільки практично у даному колі цей струм ніколи не буде досягнутий.

Специфікація елементів схеми електричної принципової наведена у додатку.

3.2. Структурна схема системи керування (модуля керування)

Структурна схема МКАУЦ наведена на рис. 3.6.

Вхідні дискретні сигнали: 2 енкодери, 3 датчика кінцевого положення (кінцеві вимикачі).

Вихідні дискретні сигнали: 5 реле, 1 електромагніт.

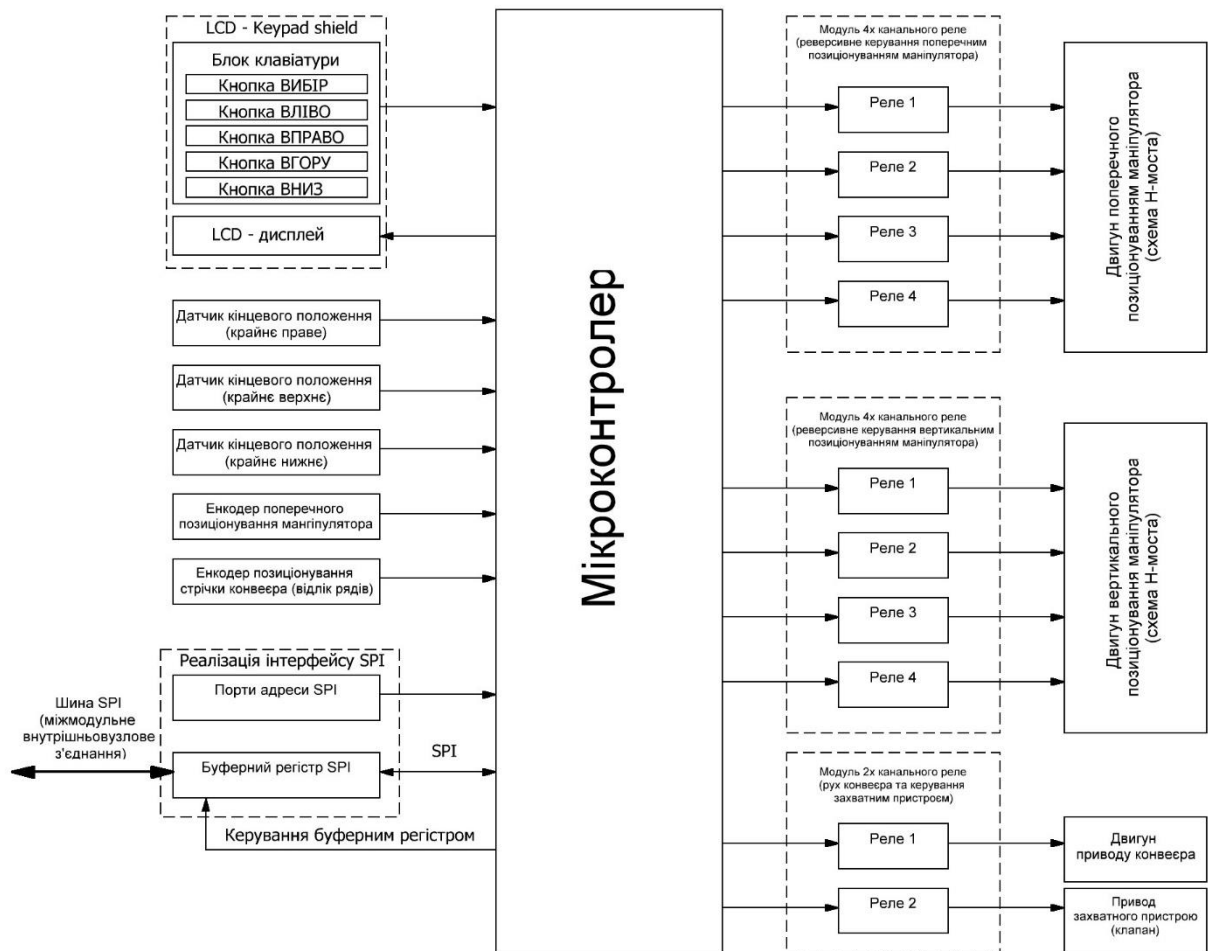


Рис. 3.6. Структурна схема модуля керування автоматом-укладальником цегли

Головну керуючу функцію виконує мікроконтролер модуля Arduino MEGA.

Для керування горизонтальним позиціонуванням маніпулятора використано кінцевий датчик крайнього правого положення (спрацьовує, коли маніпулятор знаходиться над пресом), а також енкодер горизонтального позиціонування (дозволяє зчитувати поточне положення маніпулятора для довільного позиціонування по горизонталі з метою встановлення цеглини в потрібному місці стрічки).

Для керування вертикальним позиціонуванням маніпулятора використано два кінцевих датчика крайнього верхнього та крайнього нижнього положення (спрацьовують, коли маніпулятор знаходиться у піднятому над стрічкою положенні та у нижньому положенні для забирання чи встановлення цеглини на стрічку).

Для керування положенням стрічки конвеєра (з метою формування окремих рядів шару штабеля) передбачено енкодер позиціонування стрічки (дозволяє зчитувати поточне положення валу привода стрічки конвеєра).

Для задання заданих параметрів штабелю та виведення поточних параметрів передбачено локальний пульт керування. Пульт складається з матричного LCD-індикатора, які мають змогу відображати поточні та задані значення параметрів, а також має 5 кнопок для роботи з меню.

Для керування приводами горизонтального та вертикального позиціонування маніпулятора використано 2 модуля чотирьохканальних реле. Чотири реле потрібні для реверсивного підключення кожного двигуна привода за принципом так званого Н-моста, коли по 2 реле комутують двигун в одній полярності, а два інших реле – в іншій полярності для реверсування.

Ввімкнення двигуна привода конвеєра здійснюється через одне реле 2-канального модуля реле.

Також ще одне реле 2-канального модуля передбачає ввімкнення системі клапанів, що забезпечують підведення стиснутого повітря до захватного пристрою маніпулятора, чим забезпечується затискання цегли. При вимкненні реле забезпечується переведення клапанів у вихідне положення, що призводить до випуску стиснутого повітря та відпускання цеглини.

В магістерській роботі система керування автомату-укладальника перетворено у модуль керування телемеханічної системи шляхом реалізації інтерфейсу міжмодульного внутрішньовузлового обміну всередині КП ТМС,

що забезпечує дублювання функцій локального пульта керування шляхом забезпечення отримання та відправки інформаційних повідомлень відповідно до визначеного протоколу.

Підключення ліній інтерфейсу SPI реалізується через буферний регістр до внутрішньовузлової шини, який забезпечує ізоляцію модуля від інших модулів у випадку збоїв, зависань, перезавантажень або програмування модуля по місцю. Для адресації модуля на внутрішньовузловій шині використовується адреса модуля, яка апаратно задається на кожному місці каркасу КП, для чого передбачені лінії зчитування адреси модуля.

4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ МКАУЦ

Одним із завдань проектування системи керування – побудова електричної принципової схеми, попередньо обравши відповідну елементну базу для практичної реалізації системи.

4.1. Вибір мікроконтролера

Головним елементом будь-якого керуючого пристрою або системи є мікроконтролер, що виконує функції логічного керування системою, програмування оператором тощо.

У блоці управління використовуємо Arduino Mega 2560 Rev3. (рис. 4.1)
[13]



Рис. 4.1. Arduino Mega 2560 Rev3

Rev3 – версія мікроконтролерної плати від Arduino. Плата побудована на потужному чіпі ATmega2560 та працює на частоті 16 МГц. Вона має 54 цифрових входи/виходи, 14 з яких можуть працювати в режимі ШІМ (PWM), 16 аналогових входів, 4 апаратних послідовних порти UART для зв'язку з комп'ютером та іншими пристроями, роз'єм USB, роз'єм для зовнішнього живлення, ICSP хідер і кнопку «Скидання». Нова версія Rev3 має новий чіп Atmega16U2 (у версіях Rev1 і Rev2 Atmega8U2) з програмною прошивкою конвертера "USB-послідовний порт", замість використовуваних в більш ранніх версіях мікросхем FTDI, що дозволяє підвищити швидкість при передачі даних.

Характеристики:

- Мікроконтролер ATmega2560.
- Робоча частота 16МГц.
- Робоча напруга 5В.
- Напруга живлення (рекомендована): 7-12В
- Напруга живлення (гранична): 6-20В.
- Цифрові входи/виходи 54, з них 15 можуть працювати в режимі ШІМ (PWM).
- Аналогові входи 16.
- Сила струму на входах/виходах: 40мА.
- Сила струму для виходу 3.3В: 50мА.

Пам'ять:

- Flash: 256 кБ (з них 8 кБ зайнято бутлоадером).
- SRAM 8 кБ.
- EEPROM 4 кБ.

Arduino Mega може брати живлення від USB або від зовнішнього джерела живлення - тип джерела вибирається автоматично.

Як зовнішнє джерело живлення (не USB) може використовуватися мережевий AC/DC-адаптер або акумулятор/батарея. Штекер адаптера

Для узгодження входів і виходів плати Arduino Mega 2560 Rev3 з датчиками та виконавчими механізмами використовуємо оптопари з транзисторним NPN виходом TPL-621-4 [14].

Оптопара транзисторна TLP621-4GB складається з інфрачервоного світлодіода та кремнієвого p-p-n фоторанзистора.

Призначена для комутації цепей постійного потоку з гальванічною розв'язкою між входом і виходом в радіоелектронній апаратурі.

Тип корпусу: DIP-16.

Діапазон робочих температур: від -55 до +125 °C.

4.2. Модулі відображення інформації

Модулі відображення інформації призначені: для зручної візуалізації параметрів процесу, що регулюється, для термінової індикації щодо аварійної ситуації, тощо. Кожен розробник має можливість реалізувати необхідні собі функції за допомогою цих модулів. Ці модулі можуть бути повністю готовими рішеннями (плата контролю і зв'язку + LCD панель або екран) або зібраними індивідуально (окремо вибрана плата контролю і окремо вибраний сумісний модуль екрану). Комплексне рішення – модуль LCD keypad shield зображений на рис. 4.3.

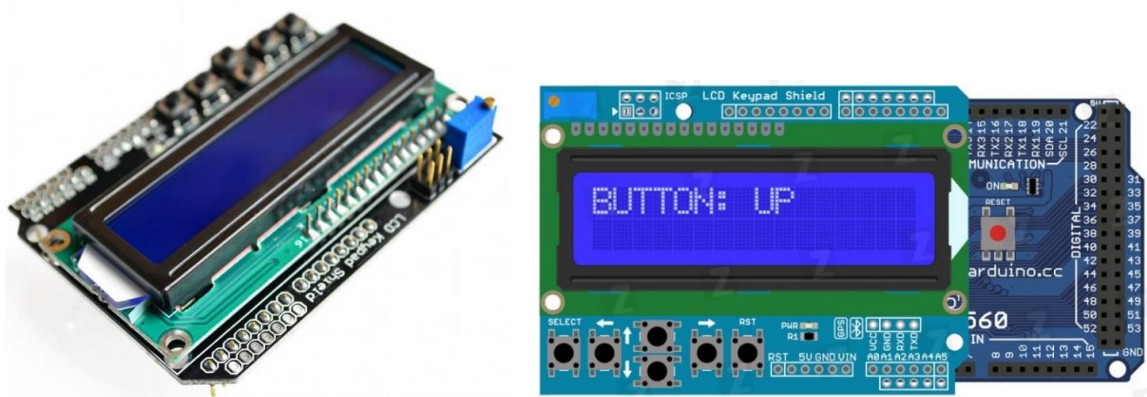


Рис. 4.3. Модуль LCD keypad shield

Сам LCD Keypad Shield є платою з дворядковим екраном і шістьма кнопками. Його дуже зручно використовувати в проектах, так як це готове рішення, що працює зі стандартними бібліотеками Ардуіно.

4.3. Опис інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface)

Для забезпечення зв'язку між модулями АСКТП всередині вузлів використовується інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), також відомий як Microwire. Цей трьохпровідний (якщо не рахувати керуючий сигнал апаратної адресації / вибору підлеглого) синхронний інтерфейс має окремі лінії для вхідних та вихідних даних. Інтерфейс SPI застосовується для зв'язку між мікроконтролером, периферійними мікросхемами та мікросхемами пам'яті. Він забезпечує високу швидкість передачі даних, досягаючи частоти синхронізації до 5 МГц. За кожен такт синхронізації відбувається передача або отримання наступного біта даних. Інтерфейс SPI може бути використаний для обміну даними між декількома мікроконтролерами, дозволяючи підключення кількох ведених пристроїв до шини. Проте протокол доступу до шини не є стандартизованим.

Інтерфейс SPI використовує три обов'язкових сигнали:

- SCK(Serial Clock) – синхросигнал, який використовується ведучим пристроєм для стробування кожного біта даних.
- MOSI (Master Output Slave Input) – вихідні дані ведучого пристрою і вхідні дані веденого пристрою.
- MISO (Master Input Slave Output) – вхідні дані ведучого пристрою і вихідні дані веденого пристрою.

Також може використовуватись сигнал вибору веденого пристрою SS (Slave Select або Chip Select). Ведений пристрій реагує на сигнали інтерфейсу та генерує вихідні дані на лінії MISO лише при низькому рівні сигналу SS. При високому рівні сигналу SS, вихід MISO переходить у високоомний стан. За допомогою

сигналу SS, який керується ведучим пристроєм для кожного веденого пристрою, можна обирати партнера для комунікації. Таким чином, утворюється гібридна топологія з'єднання, де для сигналів SCK, MOSI і MISO використовується шинна топологія, а для SS - зіркова топологія з ведучим пристроєм у центрі.

Існує також інший спосіб комунікації між ведучим пристроєм та декількома веденими пристроями, використовуючи чисто шинну топологію. В цьому випадку сигнал SS для вибору пристроїв не використовується, але ведені пристрої постійно прослуховують шину, очікуючи спеціального адресного пакета на початку транзакції. Коли пристрій розпізнає свою адресу, він обробляє подальші протокольні повідомлення і може виводити дані на лінію MISO до завершення поточної транзакції. Проте цей підхід вимагає складної логіки поведінки веденого пристрою.

При передачі даних через SPI (Serial Peripheral Interface), старший біт передається першим. Різні виробники пристроїв можуть використовувати різні режими обміну (SPI Mode 0 ... SPI Mode 3), які відрізняються фазою і полярністю синхросигналів. На рисунку 4.4 показана схема передачі та отримання байта в різних режимах. Варто відзначити, що незалежно від режиму, вхідні та вихідні дані стробіруються за різними перепадами синхроімпульсів.

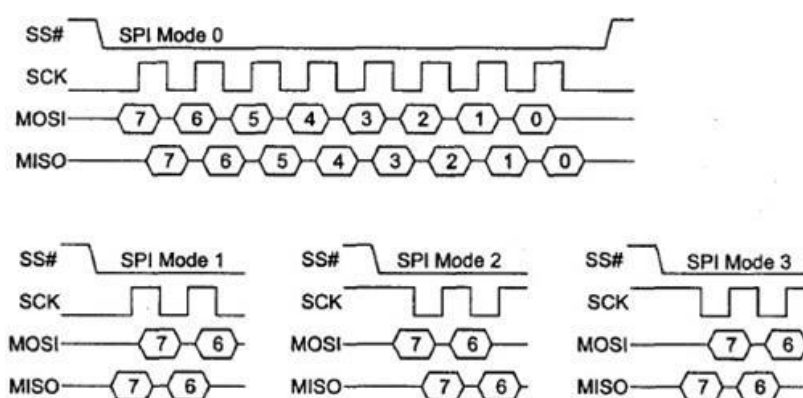


Рис. 4.4. Формання передачі по інтерфейсу SPI

Також існує варіант використання сигналу SS (Slave Select або Chip Select). У першому варіанті (який зображений на рисунку), спад сигналу SS є ознакою

початку транзакції для веденого пристрою, а його підйом - ознакою завершення. У другому варіанті - початок транзакції визначається першим фронтом (спадом) SCK, а сигнал SS може залишатися на низькому рівні постійно. Другий варіант іноді використовується для простіших двохпровідних інтерфейсів з одним ведучим та одним веденим пристроєм, коли немає необхідності у синхронізації.

Мікроконтролери з апаратним SPI-портом, як правило, мають можливість програмного вибору режиму. Формати транзакцій залежать від пристроїв, але загальна ідея полягає в тому, що ведучий пристрій передає код операції та адресну інформацію до пристрою по лінії MOSI, а потім передає дані. У випадку запису дані передаються ведучим пристроєм по тій самій лінії, а у випадку читання пристрій відправляє їх по лінії MISO. Протягом всієї транзакції ведучий пристрій зберігає активний стан лінії SS, а кількість синхроімпульсів залежить від формату команди.

З'єднання між ведучим та веденим процесором, що використовують SPI інтерфейс, показані на рис. 4.5.

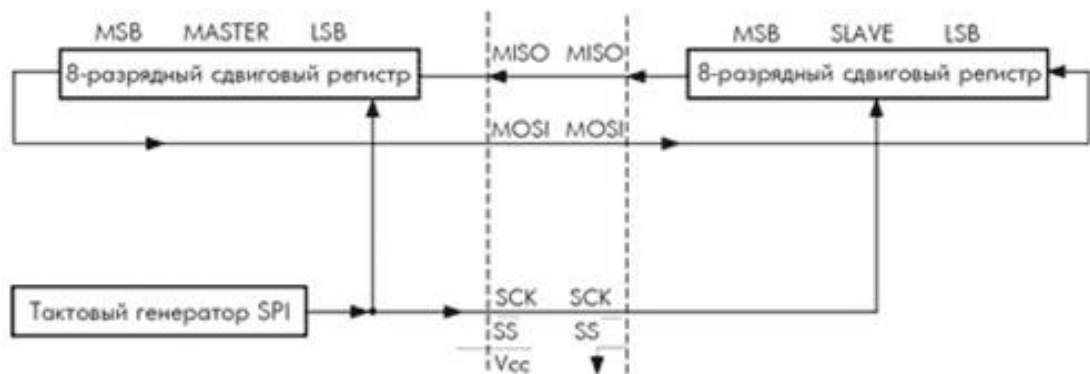


Рис. 4.5. З'єднання ведучого та веденого SPI

Апаратна частина інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface) фактично представляє собою зсувний регістр, який послідовно передає біти даних в інші аналогічні інтерфейси інших пристроїв. Під час процесу передачі один пристрій виступає як ведучий, контролюючи потік даних, тоді як інші пристрої виступають в якості ведених, отримуючи або передаючи дані за командою ведучого. Функції

ведучого пристрою можуть бути передані від одного процесора до іншого (це називається мультимастерний протокол, порівняно з одномастерним, коли тільки один процесор завжди виступає в якості ведучого, а решта - в якості ведених). Ведучий пристрій також може передавати одні й ті ж дані декільком веденим пристроям одночасно. Проте, у будь-який момент часу тільки один ведений пристрій може передавати дані ведучому.

Ведений пристрій вибирається, коли ведучий генерує сигнал NSS (Slave Select). Якщо присутні кілька ведених пристроїв, ведучий створює розподільні сигнали вибору для кожного з них (NPSC).

Два зсувних регістри ведучого і веденого мікроконтролерів можна розглядати як один розподілений 16-розрядний циклічний зсувний регістр (рис. 4.6). Під час зсуву даних з ведучого мікроконтролера до веденого відбувається одночасний зсув даних з веденого мікроконтролера до ведучого, тобто протягом одного циклу зсуву відбувається обмін даними між ведучим і веденим мікроконтролерами.

В системі передавальна сторона має одиничну буферизацію, а приймальна сторона має подвійну буферизацію. Це означає, що передані символи не можуть бути записані в регістр даних SPI, поки не буде повністю завершений цикл зсуву.

З іншого боку, при прийманні даних символ, що приймається, повинен бути прочитаний з регістра даних SPI перед завершенням прийому наступного символу, інакше символ, що передував, буде втрачений.

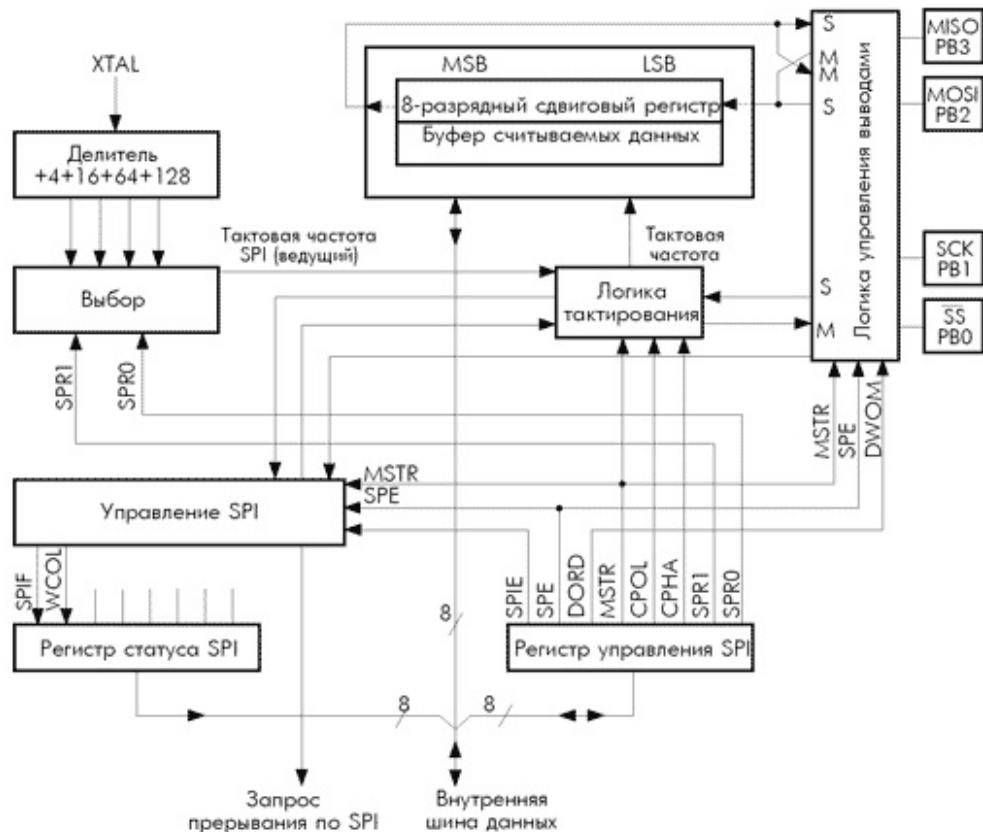


Рис. 4.6. Блок-схема SPI

Багато МК мають у своєму складі модуль послідовного синхронного інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface). Інтерфейс призначений зв'язку МК з периферійними пристроями. Інтерфейс SPI організований за принципом "ведучий / ведений".

Пристрої на шині нерівнозначні, тобто має бути як мінімум один головний (англ. master) та один підлеглий (англ. slave) пристрій. Втім, підлеглих пристроїв може бути кілька. Найчастіше у ролі провідного пристрою виступає МК, а веденими можуть бути різноманітні датчики або драйвери пристроїв. Шина SPI містить у загальному випадку 4 дроти:

- SLK (скор. Serial Clock) - по цій лінії головний пристрій подає тактуючий сигнал, синхронізує прийом або передачу даних.
- MISO (скор. Master Input, Slave Output) - як відомо з назви, дані йдуть від головного пристрою до підлеглого.

- MOSI (скор. Master Output, Slave Input) - дані йдуть від підлеглого до головного.
- CS (скор. Chip Select, іноді Slave Select і SS відповідно) - дозволяє підлеглому пристрою почати працювати.

Фізична шина - метод підключення ведених пристроїв зі спільними лініями MISO, MOSI, CLK та власними унікальними виводами SS (Slave Select або Chip Select). При такому типі з'єднання ведучий пристрій має формувати відповідну кількість сигналів вибору веденого пристрою (SS). При обміні даними з веденим пристроєм, відповідний йому сигнал Slave Select перекладається в активний (низький) стан, всі інші сигнали SS на інші пристрої знаходяться в неактивному (високому) стані.

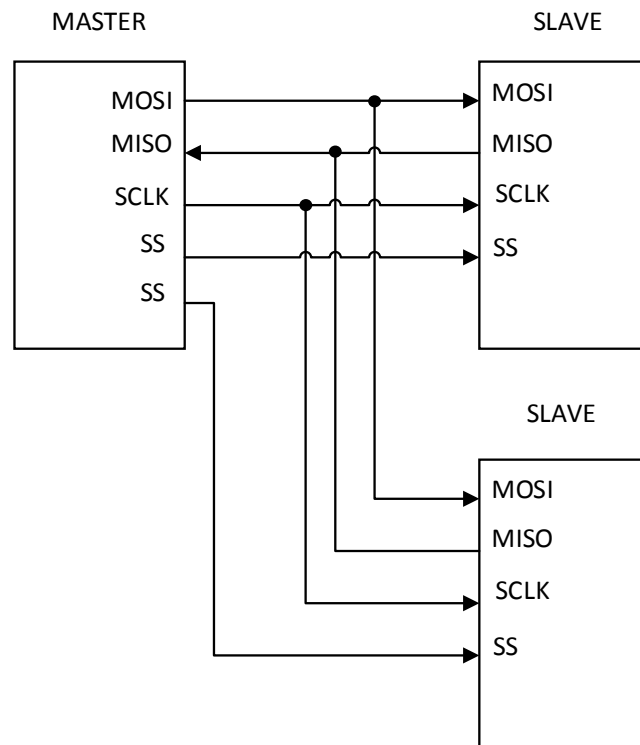


Рис. 4.7. Підключення ведених пристроїв до головного через інтерфейс SPI по топології фізичної шини

Якщо потрібно лише надсилати дані, то провід MISO можна просто прибрати, і навпаки, якщо потрібно лише приймати дані – можна прибрати провід MOSI.

Також можлива робота у напівдуплексному режимі (англ. half-duplex mode), коли передача та прийом відбувається по лінії MISO та своєчасній зміні ролі пристрою що починає передавати на Master. В напівдуплексному режимі в будь-який момент часу на шині може бути лише один передавач. Декілька передавачів на лінії одночасно можуть створювати колізії та перешкоджати коректній передачі даних.

У SPI є два типи пристроїв: Master (ведучий) та Slave (підлеглий). Ведучий пристрій є головним на шині (у випадку системи транспортування – це мікроконтролер), а всі інші пристрої вважаються підлеглими (веденими) (у випадку системи транспортування – це регістр та інші периферійні пристрої).

SPI передає дані за допомогою чотирьох сигнальних ліній:

1. MISO (Master Input Slave Output) – вхід ведучого, вихід підлеглого (веденого). Дані передаються від підлеглого пристрою до ведучого.
2. MOSI (Master Output Slave Input) – вихід ведучого, вхід підлеглого (веденого). Дані передаються від ведучого пристрою до підлеглого.
3. SCK (Serial Clock) – пін для тактового сигналу SPI.
4. SS (Slave Select) або CS (Chip Select) – пін вибору пристрою для SPI.

SPI часто працює на низьких рівнях напруги (наприклад, 3.3V або 5V), іноді й на вищих, що в свою чергу як раз підходить для роботи з мікроконтролером Arduino.

SPI має наступні переваги:

- Висока швидкість передачі
- Простота інтерфейсу
- Можливість сполучення кількох пристроїв.

Але також має і не суттєві недоліки:

- Кількість проводів. Через використання окремих проводів для кожного пристрою, можуть виникати проблеми з розгалуженням

проводів у випадку багатьох пристроїв.

- Використання пінів мікроконтролера. Підключення багатьох пристроїв може вимагати багато виводів мікроконтролера, що обмежує можливості підключення інших пристроїв.

SPI має широкий спектр задач для практичного використання. Наприклад, у системі завантаження-розвантаження скла необхідно зчитати дані з датчика тиску, ємнісного датчика положення та серводвигуна. Тому необхідно, підключити ці елементи до мікроконтролера, а його в свою чергу до регістра за допомогою SPI. Мікроконтролер буде Master, котрий ініціює комунікацію з елементами, отримуючи дані і зберігаючи його в регістр для передання цих даних на дистанційний комп'ютер через SPI, а потім використовуючи ці дані для подальшої обробки або виведення на дисплей.

На рисунку 4.8 показано приклад використання інтерфейсу SPI по стандартному та нестандартному підключенню.

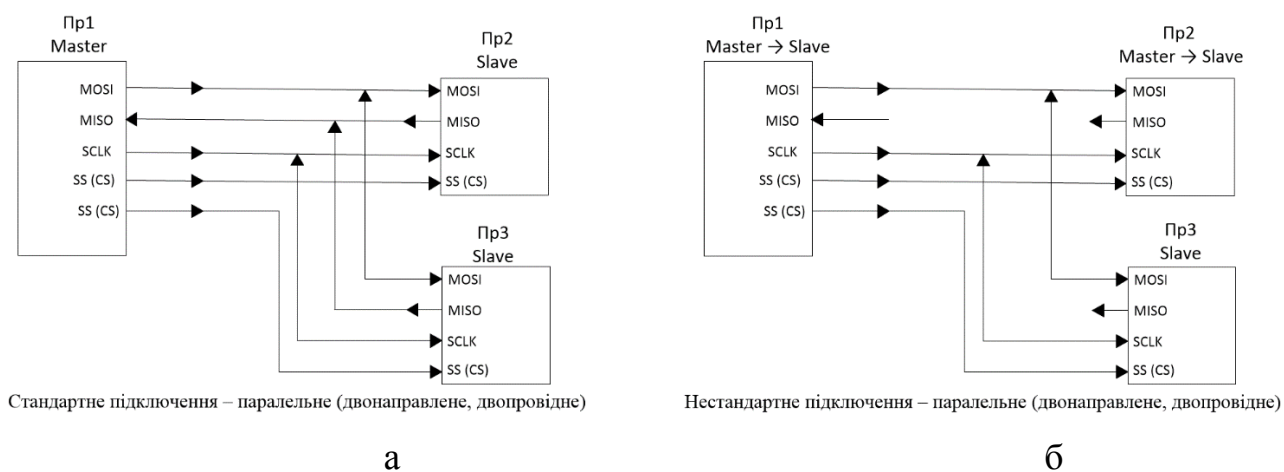


Рис. 4.8. Використання інтерфейсу SPI

В даній схемі показаний перехід до двонаправленого, але почергового обміну із переключенням напрямків передачі даних. Тобто, показаний однопровідний обмін, двонаправлений за рахунок переключення ролей ведучий-ведений по SPI.

В інтерфейсі SPI використовуються чотири лінії: MOSI, MISO, SCLK, SS (CS). В обміні інформації по інтерфейсу SPI приймають участь передавач та приймач або Master та Slave або ведучий та підлегли пристрої.

Master – це той пристрій, котрий ініціює інформаційний обмін та керує процес передачі даних, він починає чи закінчує обмін по власній ініціативі. Наприклад, Master може бути мікроконтролер, а Slave аналогово-цифровий перетворювач. В інтерфейсі SPI напрямок лінії зв'язку залежить від того яка роль у того чи іншого пристрою. Наприклад, Master буде видавати по лінії MOSI, а Slave приймати. Також використовуючи даний інтерфейс можна міняти ролі. В даному випадку інтерфейс двонаправлений (двопровідний), тобто можна одночасно передавати і приймати. Також при такому підключенні присутній сигнал синхронізації (SCLK) та сигнал активації (SS (CS)). Сигнал активації завжди формує Master, тобто він ставить в нуль і захоплює лінію, таким чином показуючи, що він є головним пристроєм. І такий подібний режим може бути налаштований у мікроконтролера, що якщо нуль надходить зовнішньо на лінію SS (CS), то він автоматично переключається в Slave. Це зроблено для того, щоб два пристрої не стали Master.

По стандартному підключенню по лініям MOSI, SCLK, SS (CS) Master буде передавачем, а Slave приймачем. А по лінії MISO вже навпаки, Master буде приймачем, а Slave передавачем.

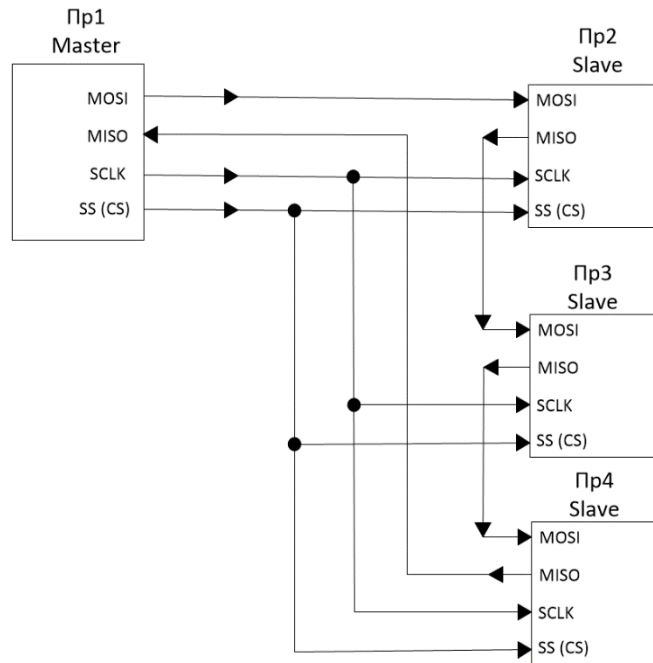
При роботі двох пристроїв можна стабільно задати роль Master та Slave та обмінюватись даними хоч до безкінечності. Якщо використовується три чи більше пристроїв то в специфікації SPI передбачено інші підходи до з'єднання. MOSI та SCLK підключені паралельно, тому що він працює на видачу, в наслідок чого буде читати два приймаючі пристрої. MISO також підключений паралельно, тому що видавати буде лише один пристрій, а другий вже видавати не буде. Саме для цього і слугує сигнали SS (CS). Коли SS (CS) паралельно підключені до шини, то необхідно для кожного пристрою

додати персональний SS (CS). Лінії MOSI, MISO, SCLK підтягнуті с внутрішньою логікою, а SS (CS) це плюс на мінус. Master захоплює шину SS (CS) та повідомляє конкретному приймачу що він буде Slave і буде з ним обмінюватись даними. Тобто лише с ним він буде обмінюватися даними, а з іншим пристроєм вже ні.

Дана проблема може вирішитись активацією одного пристрою одночасно, в котрій він зможе і читати і видавати. Таким чином, працює класичний приклад апаратної адресації пристроїв. Тому, в даному проекті буде реалізовано програмну адресацію пристроїв.

При відмові від лінії MISO по нестандартному підключенню передача інформації буде виконуватись неодноразово, як при стандартному підключенні. Обмін даними відбувається по чергові. При даному підході, можуть контактувати всі пристрої один с одним, оскільки SS (CS) підключений паралельно до всіх. А такому випадку адресація вже буде програмна, а не апаратна. Тобто, адреса буде вказуватись у посилці. Передаючий пристрій передає дані приймаючим пристроям, вони ці дані перевіряють використовуючи перевірочний код та адресу. Якщо адреса чужа, то приймаючий пристрій відкидає цю посилку. Якщо у пристроїв адреса у співпадають то приймаючий пристрій на неї реагує та опитує. Якщо посилку передбачає відповідь, то Slave переключується на Master, що він був у змозі відповісти на посилку. В такому випадку, лінія MOSI стане буде відповідати за передачу. А Master в свою чергу має переключитись у Slave. Таким чином, даний підхід включає в переключання із Master в Slave та навпаки.

Також приймачі і передавачі по інтерфейсу SPI можна з'єднувати в кільце. На рисунку 4.9 показано реалізація кільцевої топології.



Стандартне підключення SPI – фізична топологія кільця (двонаправлене, двопровідне, одночасний обмін)

Рис. 4.9. Використання інтерфейсу SPI по топології кільця

В даній схемі показана реалізація двонаправленого, двопровідного та одночасного обміну за рахунок переходу від фізичної шинної топології до фізичної топології кільця.

Перший пристрій передає інформацію лише на другий, тобто інші не підключені. Те що видає другий підключено на третій. Те що видає третій підключено на четвертий. А в свою чергу четвертий вже підключено до першого. Тобто, реалізоване підключення та обмін інформацією відбувається по кільцю. В даному підході є перевага, що не потрібно на першому пристрої не потрібно реалізовувати багато SS (CS).

Таким чином, на рисунках 4.8 та 4.9 показана стандартна конфігурація по інтерфейсу SPI.

4.3. Розробка принципової електричної схеми.

Електрична принципова схема наведена в додатку В.

5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ

Сукупність алгоритмів рішення математичних задач функціонального наповнення керуючої системи отримали назву алгоритмічного забезпечення.

Весь цикл роботи автомата-укладальника в автоматичному режимі складається з алгоритму формування класичної або пірамідальної пачки цегли з вкладеним в нього алгоритмом розвантаження одного шару цегли.

5.1. Загальний алгоритм роботи модуля та технологічні алгоритми

Загальний алгоритм роботи автоматизованої системи керування автоматом-укладальником силікатної цегли на мікроконтролері Arduino Mega:

1. Ініціалізація: Початкові налаштування системи, ініціалізація вхідних та вихідних портів Arduino Mega.

2. Зчитування даних з датчиків: Зчитування даних з підключених датчиків, таких як датчики рівня цегли, датчики положення пневморуки та дані, що показують положення цеглин на конвеєрі. Ці дані надходять до мікроконтролера через вхідні порти.

3. Аналіз та обробка даних: Аналіз отриманих даних для визначення стану системи, розміщення цегли та необхідних дій. Використовуючи вбудовані алгоритми, Arduino Mega вирішує, які кроки потрібно виконати далі.

4. Керування виконавчими механізмами: На основі обробленої інформації, Arduino Mega відправляє команди до виконавчих механізмів, таких як мотори або реле, для здійснення необхідних дій. Це включає переміщення цегли, її вирівнювання та укладання на підготовлену основу.

5. Контроль якості: В процесі укладання цегли система може використовувати контрольно-вимірювальні пристрої для перевірки якості

розміщення цегли, розмірів тощо. Результати контролю передаються до Arduino Mega для подальшої обробки.

6. Користувацький інтерфейс: В системі передбачений інтерфейс користувача Keypad Shield, Arduino Mega взаємодіє з ним, відображаючи поточні параметри, статус системи та отримувати команди від оператора.

7. Завершення роботи: Після завершення процесу укладання або в разі аварійної ситуації система переходить в режим очікування або вимикається.

Важливо зазначити, що конкретний алгоритм роботи може варіюватися в залежності від вимог і налаштувань конкретної автоматизованої системи керування.

Алгоритми роботи

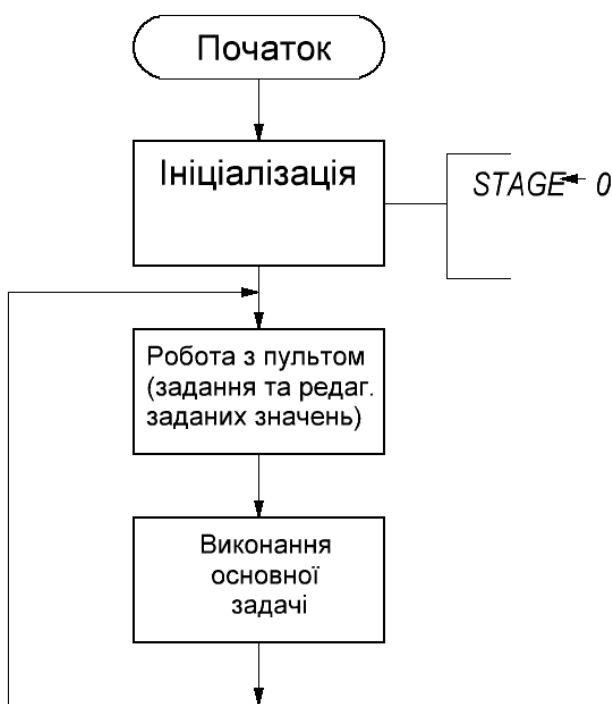


Рис. 5.1. Алгоритм основного циклу роботи контролера

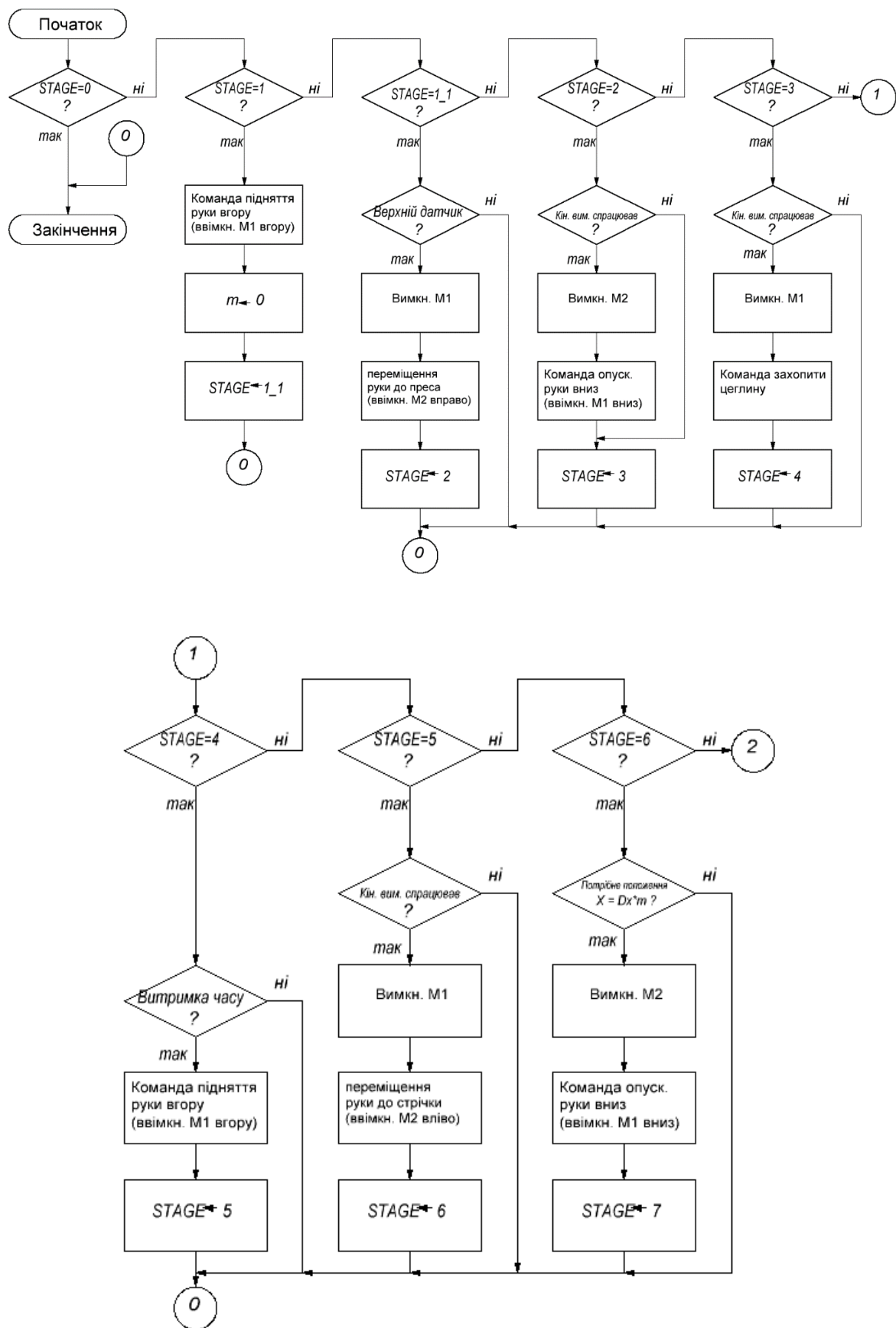
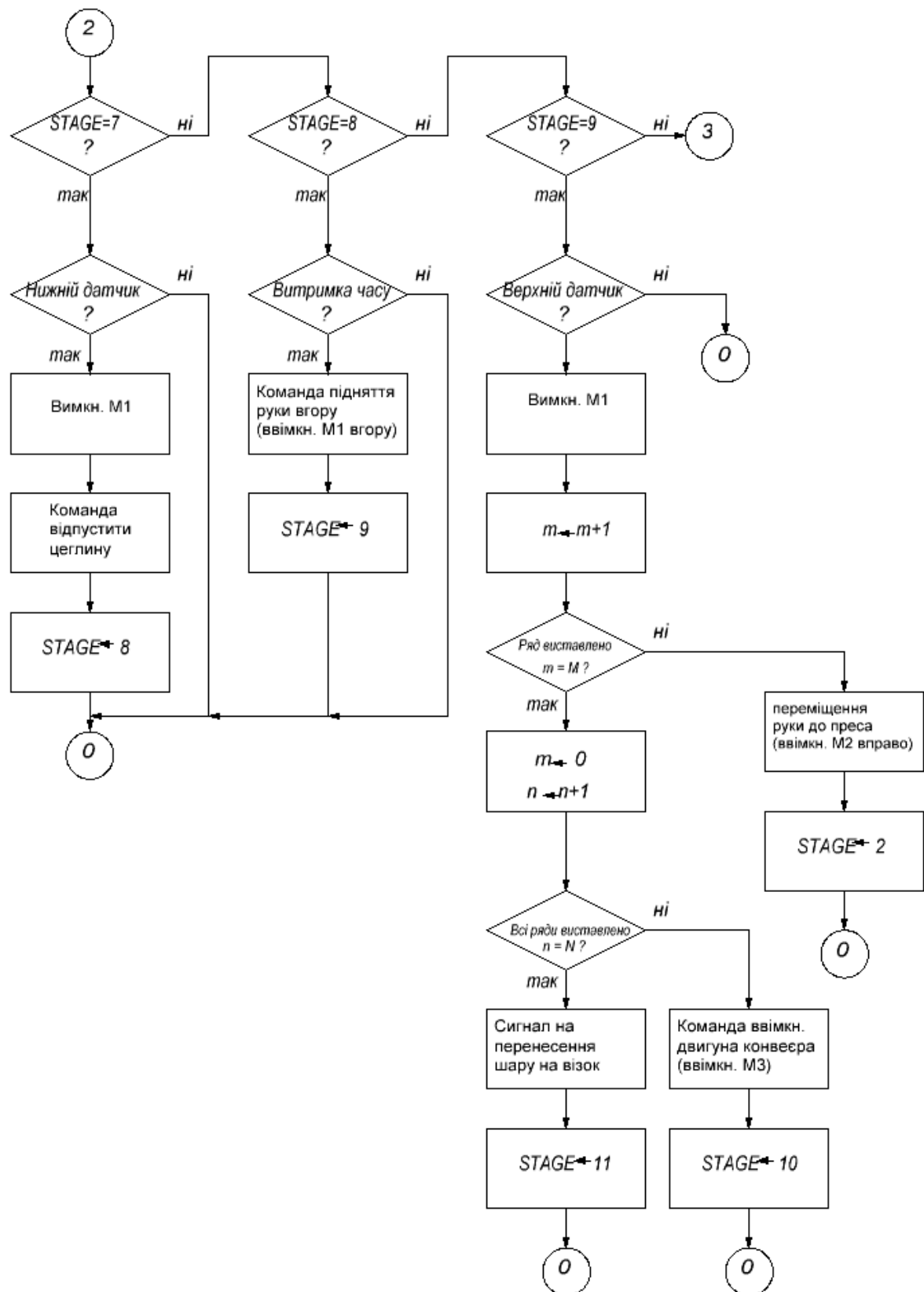
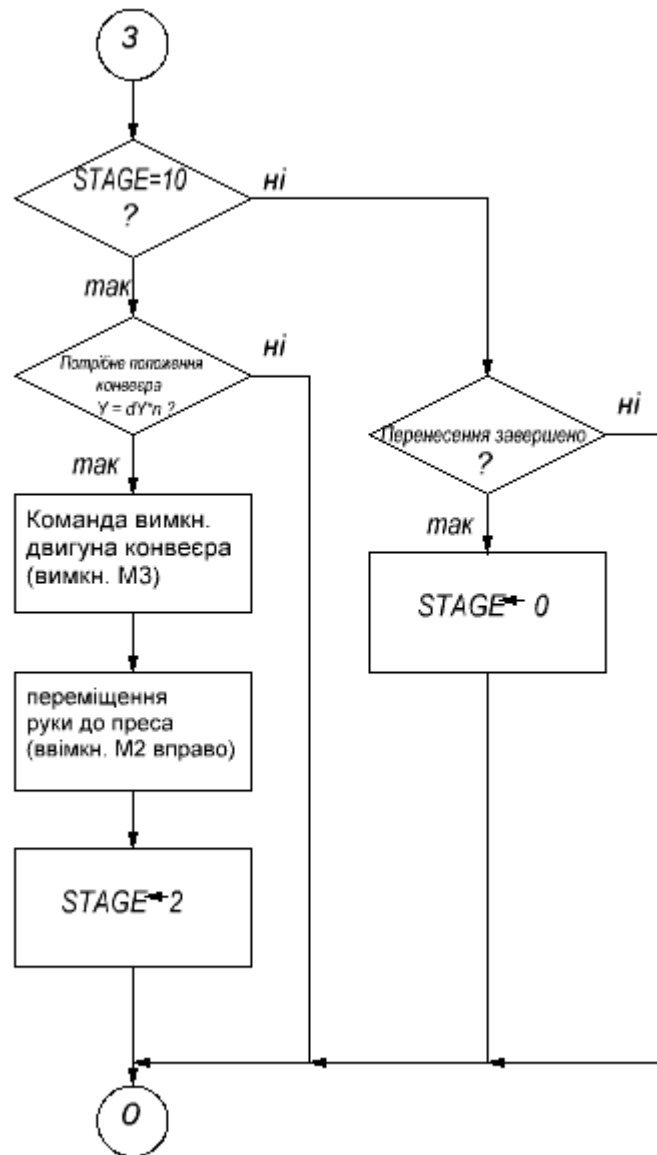


Рис. 5.2. Алгоритм виконання основної задачі керування



Продовження рис. 5.2



Закінчення рис. 5.2

Переміщення автомата-укладальника силікатної цегли на мікроконтролері Arduino Mega може бути здійснене за допомогою рухомих механізмів, таких як мотори або пневматичні актуатори. Основний алгоритм роботи переміщення включає такі кроки:

Ардуіно Mega зчитує дані з датчиків що вказують на поточне положення та стан системи. Цими датчиками являються положення та енкодери, які передають інформацію про рух і положення автомата-укладальника. Мікроконтролер аналізує отримані дані і приймає рішення

щодо переміщення автомата-укладальника. Він враховувати цільове положення цегли, обмеження руху, перешкоди та інші фактори для визначення оптимального шляху переміщення.

На основі прийнятих рішень, Arduino Mega генерує команди керування для виконавчих механізмів, таких як вимикачі. Ці команди вказують, які дії потрібно виконати для переміщення автомата-укладальника до бажаної позиції.

Arduino Mega передає команди керування виконавчим механізмам, що відповідають за переміщення. Це двигуни, що забезпечують прямолінійний рух як і вгору та вниз, так і вліво та вправо. Arduino Mega контролює швидкість, напрямок і точність руху залежно від вхідних команд.

Контроль стану переміщення: В процесі переміщення, Arduino Mega може використовувати зворотну зв'язок з датчиків для контролю положення автомата-укладальника та відстежування прогресу переміщення. Він може реагувати на будь-які зміни стану або виявлені перешкоди, щоб забезпечити безпечне та ефективне переміщення. Завершення переміщення: Після досягнення цільового положення або припинення переміщення, Arduino Mega може зупинити виконавчі механізми і завершити процес переміщення. Він може перейти до наступних етапів роботи, наприклад, до процесу укладання цегли.

5.2. Опис формату посилки між керуючою ЕОМ та модулями (протокол інформаційного обміну)

Обмін інформацією між ведучим (головним) модулем та ЕОМ реалізований за допомогою інтерфейсу SPI. Обмін виконується за допомогою посилки зі змінною кількістю байтів. Всі посилки поділяються

на: посилки, які приймаються від ЕОМ, та посилки, що відправляються у відповідь або підлеглим модулям.

Тепер розглянемо більш детально посилки для модуля зв'язку (МЗ) та модуля керування автоматом-укладальником цегли (МКАУЦ).

Кожний байт посилки має своє інформаційне значення. Таким чином, нульовий та перший байти – це адреси модуля SPI та команда по SPI. Другий байт – це адреса керованого пункту, третій – адреса модуля RS-232, відповідно, четвертий байт – команда по RS-232, з п'ятого по 7 байт – це інформаційні дані функціонального модуля. Восьмий байт – перевірочний код по RS-232, відповідно дев'ятий – перевірочний код по SPI.

Підлеглий модуль зв'язку та модуль керування змішування компонентів виконує лише ретрансляцію даних по шині SPI. Обмін виконується за допомогою посилки зі змінною кількістю байтів.

Посилка являє собою формат команд, у якому вказано на що повинен реагувати модуль (як наприклад на включення, виключення, задання). Всі посилки повинні мати однакову фіксовану довжину. Наприклад, якщо приймається 4 байти, то ці ж 4 байти мають бути і передані. Якщо, наприклад, передаються 4 байти, а приймаються 12 байтів, то необхідно реалізовувати почерговий обмін інформації, що затратно по часу. Інформація, яка була прийнята, і буде передаватись передавачу.

Посилку між керуючою ЕОМ та модулями представлено на рисунках 5.3-5.5 та більш детально у додатку Г.

Кожна посилка складається з послідовності байтів, і кожен байт у цій послідовності має свою роль та значення. Кожний байт у посилці пронумерований згідно загальній посилці SPI. Тобто, кожен байт посилки має своє інформаційне значення:

0 байт – Адреса модуля SPI (позначено як Addr_M_SPI у посилці)

- 1 байт – Команда по SPI (позначено як CMD_SPI у посилці)
- 2 байт – Адреса керованого пункту (позначено як Addr_KP у посилці)
- 3 байт – Адреса модуля RS-232 (позначено як Addr_M_RS у посилці)
- 4 байт – Команда по RS-232 (позначено як CMD_RS у посилці)
- 5 байт – Команда функціонального модуля (позначено як CMD_F у посилці)
- 6 байт – Інформаційні дані модуля верхнього рівня (позначено як D_h у посилці)
- 7 байт – Інформаційні дані модуля нижнього рівня (позначено як D_l у посилці)
- 8 байт – Перевірочний код по RS-232 (позначено як CC_RS у посилці)
- 9 байт – Перевірочний код по SPI (позначено як CC_SPI у посилці)

Посилка містить три рівні:

Рівень 1 – Посилки між ЕОМ та функціональним модулем / модулем зв'язку. Даний рівень в свою чергу складається із наступних посилок: вхідні для модуля керування автоматом-укладальником цегли (МКАУЦ) (ФМ) (від ЕОМ до МКАУЦ), вихідні для МКАУЦ (ФМ) (від МКАУЦ до ЕОМ) та вхідні для МЗ (головного) (від ЕОМ до МЗ). Те що показано білим у посилці, існує лише у форматі передачі, а те що сіре – то його реально не існує, тому що воно з'являється тільки при міжвузловому обміні передачі по SPI.

Рівень 2 – Посилки між вузлами АСУ (КП/ПУ/ЕОМ) по інтерфейсу RS-232. Даний рівень в свою чергу складається із наступних посилок: посилки для МЗ (вхідні для головного у вузлі від вищого вузла, для підлеглих у вузлі – вихідні до нижніх вузлів), посилки для МЗ (вихідні для головних у вузлі для вищого вузла, для підлеглих – вхідні від нижніх вузлів), посилки функціональних модулів(вхідна в повідомленні SPI від гол. МЗ) та посилки функціональних модулів(вихідна в повідомленні SPI для гол. МЗ).

Рівень 3 – Посилки по SPI всередині вузлів. Даний рівень в свою чергу складається із наступних посилок: вхідна посилка для залежних

модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вихідні від головного МЗ та вихідна посилка від залежних модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вхідні для головного МЗ.

Існують вхідні та вихідні посилки. Вхідні посилки являють собою посилки, що надходять до конкретного модуля. Тобто, в цьому випадку дані надходять із комп'ютера до функціонального модуля. Це можуть бути дані, котрі містять команди, параметри чи будь-яку іншу інформацію, яка потрібна для виконання певних операцій.

Вихідні посилки являють собою посилки, що відправляються з певного модуля. Тобто, в цьому випадку дані надходять від функціонального модуля до комп'ютера. Це можуть бути дані, котрі відповідають на запит від ЕОМ або надсилання даних до іншого модуля чи пристрою для обробки.

Посилки відіграють важливу роль у взаємодії різних частин системи, обмінюючись даними для забезпечення правильної роботи та продуктивної роботи системи.

Таблиця опису посилок поділена на три рівні:

1 рівень – посилки між ЕОМ та функціональним модулем / модулем зв'язку. Даний рівень зображений на рисунку 5.3.

Опис	Addr_M_SPI	CMD_SPI	Addr_KP	Addr_M_RS	CMD_RS	CMD_F	D_h	D_l	CC_RS	CC_SPI
№ байта (_IDX)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рівень 1. Посилки між ЕОМ та функціональним модулем / модулем зв'язку										
Вхідні для модуля керування автоматом-укладальником цегли (МКАУЦ) (ФМ) (від ЕОМ до МКАУЦ)										
Ввімкнення системи (START)						01	-	-		
Вимкнення системи (STOP)						02	-	-		
Задання кількості цеглин в ряду M						11	0	M		
Задання кількості рядів цеглин N						12	0	N		
Загальне опитування (про стадії роботи)						20	-	-		
Опитування поточної кількості цеглин в ряду m						21	-	-		
Опитування поточної кількості рядів цеглин n						22	-	-		
Вихідні для МКАУЦ (ФМ) (від МКАУЦ до ЕОМ)										
Загальна відповідь (про стадії)						30	s.h=STAGE	s.l=код помилки		
Відповідь про поточну кількість цеглин в ряду m						31	0	m		
Відповідь про поточну кількість рядів цеглин n						32	0	n		
Вхідні для МЗ (головного) (від ЕОМ до МЗ)										
Додавання до таблиці маршрутизації (addrecTM)						08	N_KP	N_MЗ		
Видалення з таблиці маршрутизації (delrecTM)						09	N_KP	-		

Рис.5.3. Посилки між ЕОМ та функціональним модулем / модулем зв'язку

В свою чергу він складається з посилок: вхідних для МКАУЦ (ФМ) (від ЕОМ до МКАУЦ); вихідних для МКАУЦ (ФМ) (від МКАУЦ до ЕОМ); вхідних для МЗ (головного) (від ЕОМ до МЗ).

В даній роботі передбачено стандартні посилки для контролера:

- ввімкнення процесу керування;
- ввимкнення процесу керування;
- задання значень параметрів;
- опитування поточних значень параметрів;
- відповіді про поточні значень параметрів.

Даний МКАУЦ передбачає задання наступних параметрів:

- Задання кількості цеглин в ряду M;
- Задання кількості рядів цеглин N;

Даний МКАУЦ передбачає опитування наступних параметрів із формуванням посилок-відповідей:

- поточної кількості цеглин в ряду m;
- Задання поточної кількості рядів цеглин n.

2 рівень – посилки між вузлами АСУ (КП/ПУ/ЕОМ) по інтерфейсу RS-232, який зображений на рисунку 5.4.

Опис	Addr_M_SPI	CMD_SPI	Addr_KP	Addr_M_RS	CMD_RS	CMD_F	D_h	D_l	CC_RS	CC_SPI
№ байта (_IDX)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рівень 2. Посилки між вузлами АСУ (КП/ПУ/ЕОМ) по інтерфейсу RS-232										
Посилки для МЗ (вхідні для головного у вузлі від вищого вузла, для підлеглих у вузлі – вихідні до нижніх вузлів)										
Опитування нижнього вузла			Addr_KP (00)	Addr_M (00)	01 «ASK»	x	x	x	ПК	
Дані (для модулів свого КП)			Addr_KP (свій, кому)	Addr_M (кому)	02 «DATA»	Дані для викон. ФМ			ПК	
Дані (для чужих КП, для ретрансляції)			Addr_KP (чужий, кому)	Addr_M (кому)	02 «DATA»	Дані для ретрансляції			ПК	
Посилки для МЗ (вихідні для головних у вузлі для вищого вузла, для підлеглих – вхідні від нижніх вузлів)										
Немає даних для відповіді (NO_DATA)			Addr_KP (свій, від кого)	Addr_M (00)	10 «NO DATA»	x	x	x	ПК	
Відповідь з даними (DATA)			Addr_KP (від кого, свій/чужий)	Addr_M (від кого)	02 «DATA»	Дані від ФМ			ПК	
Посилки функціональних модулів(вихідна в повідомленні SPI від гол. МЗ)										
Дані від ЕОМ			Addr_KP (кому)	Addr_M (кому)	02 «DATA»	Дані для виконання / запити			ПК	
Посилки функціональних модулів(вихідна в повідомленні SPI для гол. МЗ)										
Дані для ЕОМ			Addr_KP	Addr_M	02 «DATA»	Дані відповіді на запити			ПК	

Рис.5.4. Посилки між вузлами АСУ(КП/ПУ/ЕОМ)по інтерфейсу RS-232

В свою чергу, цей рівень поділяється на посилки: для МЗ (вхідні для головного у вузлі від вищого вузла, для підлеглих у вузлі – вихідні до нижніх вузлів); для МЗ (вихідні для головних у вузлі для вищого вузла, для підлеглих – вхідні від нижніх вузлів); посилки функціональних модулів(вихідна в повідомленні SPI від гол. МЗ); посилки функціональних модулів(вихідна в повідомленні SPI для гол. МЗ).

3 рівень – посилки по SPI всередині вузлів. Даний рівень зображений на рисунку 5.5.

Рівень 3. Посилки по SPI всередині вузлів									
Вхідна посилка для залежних модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вихідні від головного МЗ									
Дані від ЕОМ (для ФМ свого КП)	Addr_M (свій, кому)	02 «DATA»	Addr_KP (свій)	Addr_M (свій)	02 «DATA»	Дані для виконання			ПК
Дані від ЕОМ (для ФМ чужих КП, для ретрансляції через МЗ)	Addr_M (адр. МЗ з табл.маршр.)	02 «DATA»	Addr_KP(чужий)	Addr_M	02 «DATA»	Дані для ретрансляції			ПК
Опитування гол. МЗ	Addr_M (свій, кому)	01 «ASK»	x	x	x	x	x	x	ПК
Вихідна посилка від залежних модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вхідні для головного МЗ									
Відповідь _NO_DATA	Addr_M (свій, від кого)	10 «NO DATA»	x	x	x	x	x	x	ПК
Відповідь _DATA	Addr_M (свій, від кого)	02 «DATA»	Addr_KP (від кого)	Addr_M (від кого)	02 «DATA»	Дані			ПК
Відповідь про помилку	Addr_M (свій)	FO «SPI_ERR»	ERR.CODE	x	x	x	x	x	ПК

Рис.5.5. Посилки по SPI всередині вузлів

В свою чергу він складається з посилок: вхідних посилок для залежних модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вихідні від головного МЗ; вихідних посилок від залежних модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вхідні для головного МЗ.

5.3. Алгоритми передачі посилок між керуючою ЕОМ та модулями

Як було вже вище описано, в існуючих ТМС класичної архітектури функції керування виконуються лише на верхньому рівні, до якого зводиться інформація від об'єктів про їх поточний стан, де розраховується керуючий вплив, який має бути переданим на нижній рівень у вигляді інформаційних повідомлень. Для задач регулювання неперервними параметрами, що швидко змінюються, такий підхід може становити проблему, оскільки значною є інерційність реакції системи керування на зміну стану об'єкта. Представляється доцільним збільшити ефективність роботи АСУТП шляхом перенесення деяких функцій керування з верхнього рівня до місцевих контролерів (функціональних модулів). Таким контролером для ділянки формування штабелю силікатної цегли може стати модуль керування автоматом-укладальником цегли (МКАКЦ). Це забезпечить зменшення потоку інформаційних посилок та збільшить швидкість реакції системи на зміну параметрів об'єкта керування.

Для передачі інформаційних повідомлень було обрано інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), він же Microwire, – трьохпровідний синхронний з розподільними лініями вхідних і вихідних даних. Інтерфейс SPI застосовується для зв'язку мікроконтролера з периферійними мікросхемами та мікросхемами пам'яті. Він забезпечує більш високу швидкість передачі даних. Частота синхронізації може досягати 5 МГц, при цьому за кожен такт синхронізації одночасно може і передаватись, і прийматись черговий біт даних. При використанні цього інтерфейсу передбачається, що інтерфейс з'єднує один провідний пристрій з одним або декількома веденими пристроями.

Детальні алгоритми передачі посилки по обраному інтерфейсі зображені на рис. 5.6-5.12.

Були розроблені алгоритми прийому та передачі даних по SPI, обробки переривань по таймеру SPI, обробки переривань по SPI, аналізу прийнятої посилки на рівні обміну по SPI, аналізу посилки опитування та відправлення відповіді на рівні обміну по SPI, аналізу прийнятої посилки міжвузлового обміну та аналізу посилки для основної роботи контролера.

Ініціалізація прийому по SPI починається із обнулінням індексу ($IDX \rightarrow 0$). Далі відбувається переключення регістра у режим прийому ($SPI-DIR \leftarrow \text{“RCV”}$). оскільки не може одночасно відбуватись передача та прийом. Після буде обиратись своя лінія SS в одиницю ($pSS \leftarrow 1$), тобто буде по замовчуванню вважатись, що алгоритм працює для Slave. Після цього йде дозвіл переривання по SPI та таймеру і активація прийому/передачі. Якщо підуть якісь біти разом із тактовими імпульсами, то буде заповнюватись буферний регістр (SPDR). Коли він заповниться, то виникне переривання по інтерфейсу.

Ініціалізація прийому по SPI

Ініціалізація передачі по SPI

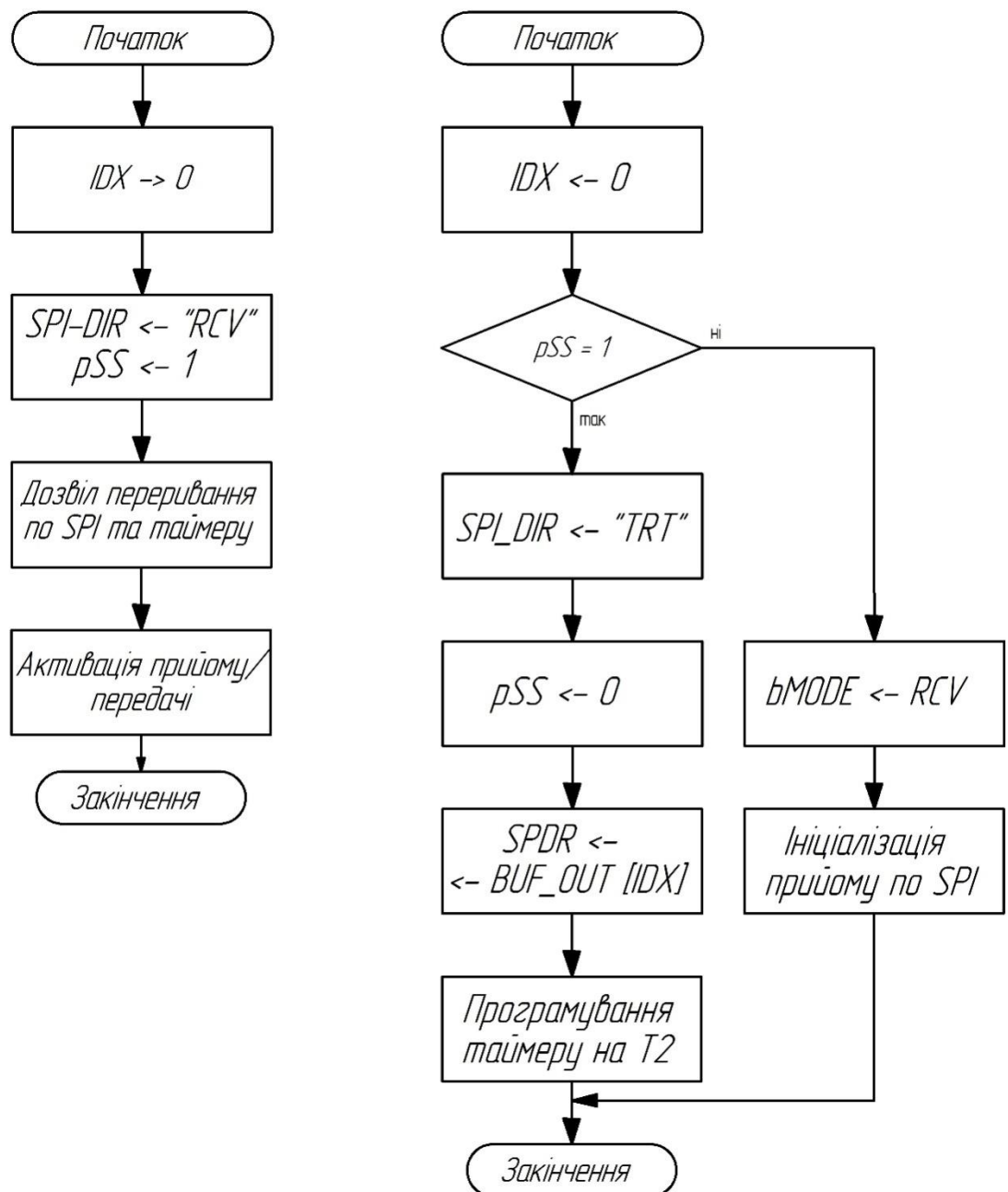


Рис. 5.6. Алгоритм прийому та передачі даних по SPI

При ініціалізації передачі відбувається передача зворотної посилки на відповідь. Ініціалізація передачі по SPI починається із обнулінням індексу ($IDX \leftarrow 0$). Далі іде перевірка чи працює алгоритм в Master ($pSS = 1$). Якщо ні, то це помилка, це значить що хтось інший не відпускає шину. Це що нічого передаватись не буде ($bMODE \leftarrow RCV$). Після цього іде переключання в режим прийому. Якщо алгоритм працює в Master, то регістр

переключається в передачу ($SPI_DIR \leftarrow \text{“TRT”}$), SS ставиться а нуль ($pSS \leftarrow 0$), нульовий біт кладеться в регістр передачі ($SPDR \leftarrow BUF_OUT [IDX]$) і далі відбувається програмування таймера на величину 2 мілісекунди. Після цього іде робота алгоритму обробки переривань по таймеру SPI. Коли спрацює обробник переривань по таймеру, то в режимі передачі він просто цей біт передасть.

Алгоритм обробки переривань по таймеру SPI відповідає за відслідковуванням часової затримки, котра в свою чергу фіксує кінець передачі посилки.

Оскільки усі посилки не мають однакову кількість байтів, тоді передача посилки не матиме здатності фіксуватись по розмірам. Наприклад, є пауза 2 мілісекунди між байтами і коли пройшло 20 мілісекунд то це значить що останній байт був вже переданий в посилці. В цьому випадку, паузи між посилками будуть 20 мілісекунд, а між байтами 2 мілісекунди. Це фіксується коли кожен отриманий байт запускає таймер, котрий рахує коли прийнято черговий байт таймер фіксує час за котрий було його передано. А коли байт не було отримано, то таймер рахує час до найближчого граничного значення, внаслідок чого виникає переривання по таймеру. Якщо зроблено паузи між байтами, то необхідно запускати цей же таймер і для передачі. Таким чином, таймер буде працювати і при прийомі і при передачі.

Змінна bMODE слугує для розпізнавання коли виконується прийом чи передача. Рівняння $bMODE = RCV$ значить, що відбувається прийом інформації. Якщо алгоритм знаходиться не в прийомі, тобто $bMODE \neq RCV$, то це значить, що відбувається передача даних, тобто, що пройшло 2 мілісекунди для передачі чергового байта. Коли даний байт буде переданий, то буде знову запущений таймер, щоб через 2 мілісекунди передати наступний байт.

Якщо все таки відбувається прийом байтів, то після нього відбувається інкрементація (операція збільшення) індексу ($IN_SIZE \leftarrow IDX$

на алгоритмі). Наприклад, було прийнято нульовий байт, а індексом стала одиниця. Якщо було прийнято перший байт, то індекс став два і так далі. Таким чином, він завжди вказує індекс прийнятих байт. Коли усі байти прийнято, то його значення буде записано в розмір прийнятої посилки (IN_SIZE). Після відбувається переривання по SPI. Далі відбувається перевірка присутності помилки (bSPI_ERR = 1) в процесі передачі. Якщо помилка не присутня, то буде викликано процедури аналізу посилок (1, 2 та 3 рівня). Після аналізу буде відновлення роботи по SPI. А якщо помилка присутня, то відбувається відкидання посилки (bSPI_ERR ← 0) та переключаємось в режим прийому (bMODE ← "RCV"). Тобто, відкладена посилка буде проігноровано та і після буде переключання в режим прийому.

Алгоритм обробки переривань по SPI спрацьовує після алгоритму обробки переривань по таймеру SPI, коли байт вже був переданий. Якщо відбувається режим передачі (bMODE = RCV), тоді буде збільшуватись кількість переданих байт (IDX ← IDX + 1). Після відбувається перевірка, чи всі байти було передано, тобто якщо індекс більше ніж підготовлений максимальний індекс (IDX > BUF_OUT_IDX_MAX) і якщо індекс дорівнює розміру (IDX = OUT_SIZE). Якщо це так, то відбувається переключання в режим прийому (bMODE ← RCV) і після виконує ініціалізацію прийому по SPI. Якщо ні, тобто не всі байти були передані, то беремо черговий байт з масиву і кладемо в регістр SPDR (SPDR ← BUF_OUT [IDX]) і далі іде програмування передачі по алгоритму обробки переривань по таймеру SPI. Тоді спрацює таймер, пройде 2 мілісекунди і буде переданий байт. Таким чином і буде виникнення паузи в 2 мілісекунди, щоб приймаюча сторона встигла його зберігти.

Обробка переривань по таймеру SPI

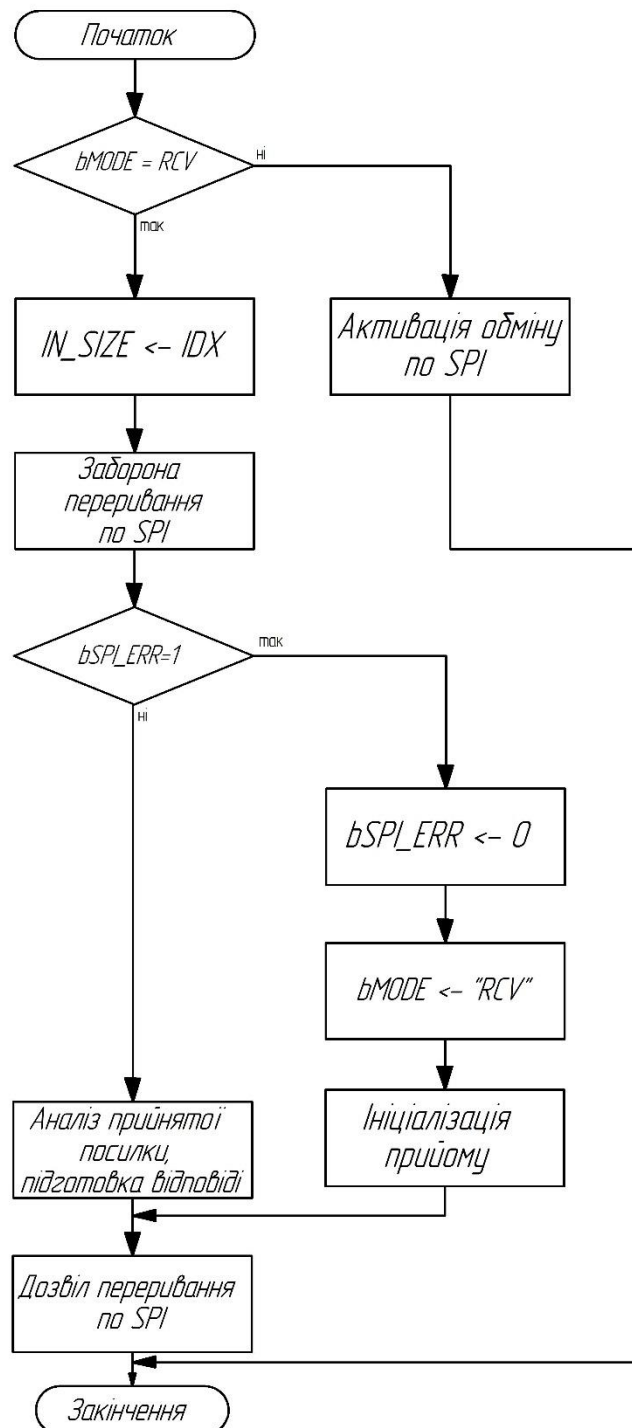


Рис. 5.7. Алгоритм обробки переривань по таймеру SPI

Обработка прерываний по SPI

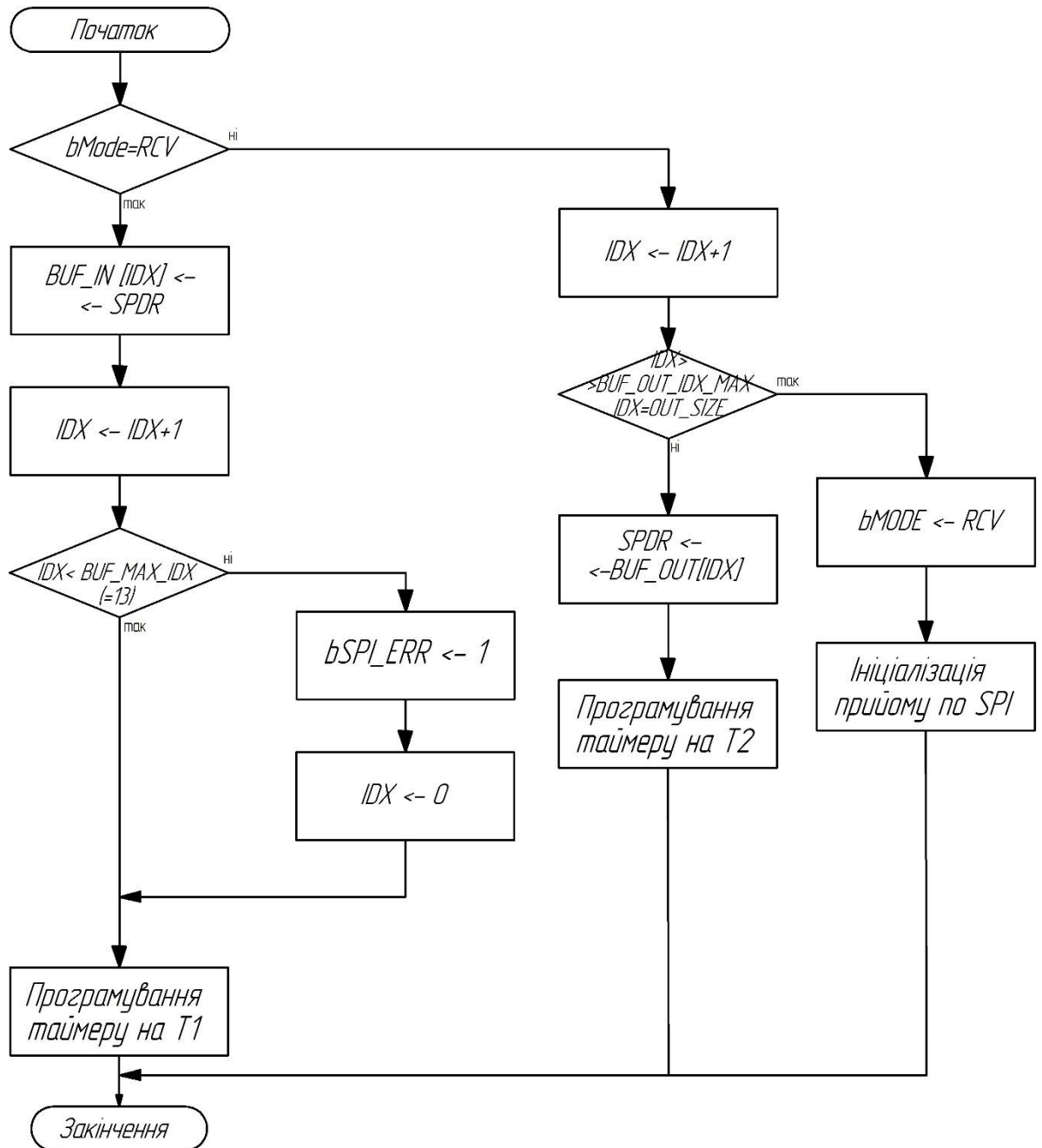


Рис. 5.8. Алгоритм обробки переривань по SPI

Якщо відбувається робота в режимі прийому, то прийнятий байт с буфера фізичного інтерфейсу зберігаємо в масив або буфер прийнятих байт BUF_IN ($\text{BUF_IN [IDX]} \leftarrow \text{SPDR}$). А віддаються байти с буфера BUF_OUT. Тому, у буфера повинен бути вхідний BUF_IN та вихідний BUF_OUT. Після зберігання чергового байту було інкрементовано індекс ($\text{IDX} \leftarrow \text{IDX} + 1$). Далі відбувається перевірка, чи не було перевищено розмір порівняно із

граничним значенням ($IDX \leq BUF_MAX_IDX + 1 (=10)$). Якщо буде перевищено розмір, то буде відбуватись фіксування помилки ($bSPI_ERR \leftarrow 1$) і після чого буде перезаписано дані ($IDX \leftarrow 0$). Якщо індекс менше ніж гранична величина, то розмір не було перевищено, тоді буде відбуватись програмування таймеру на величину 20 мілісекунд.

Отже, поки ідуть байти таймер ніколи не спрацює. Коли він спрацює, то прийнятий байт був останній і далі буде викликано алгоритм аналізу прийнятої посилки на рівні обміну по SPI.

Алгоритм аналізу прийнятої посилки на рівні обміну по SPI починається із перевірки розміру посилки, розмір посилки повинен дорівнювати 3 або 10 ($(IN_SIZE = 10)V, IN_SIZE = 3$). Якщо розмір не відповідає дійсності, то відбувається переключення в режим прийому ($bMODE \leftarrow RCV$) і виконуємо ініціалізацію прийому. Якщо розмір співпадає, то відбувається розрахунок контрольної суми ($SUM \leftarrow BUF_IN[0], SUM \leftarrow SUM + BUF_IN[i], i = 1 \dots IN_SIZE - 1$). Далі перевіряється чи сума дорівнює нулю ($SUM = 0$). Якщо ні, то фіксується помилка контрольної суми ($bSPI_ERR_CC \leftarrow 1$), та просто продовжуються прийматись байти. Якщо сума дорівнює нулю, то починається перевірка адреси ($BUF_IN[Addr_M_SPI_IDX] = Addr_My$), тобто відбувається перевірка по нульовій адресі і звіряється чи була отримана адреса мого модуля. Якщо так, то ця посилка для мене, а якщо ні, то просто відбувається ігнорування. Далі перевіряється команди чи містять вони дані ($BUF_IN[CMD_SPI_IDX] = "DATA"$). Якщо так, то відбувається аналіз посилки даних. Якщо ні, то відбувається перевірка чи не являється посилка ASK ($BUF_IN[CMD_SPI_IDX] = "ASK"$). Якщо ні, то також відбувається ігнорування. Якщо так, то відбувається аналіз того, що запитують і передаємо цю відповідь. Якщо це дані, то відбувається аналіз того, що це за дані. Даний алгоритм відображає аналіз посилки 3 рівня.

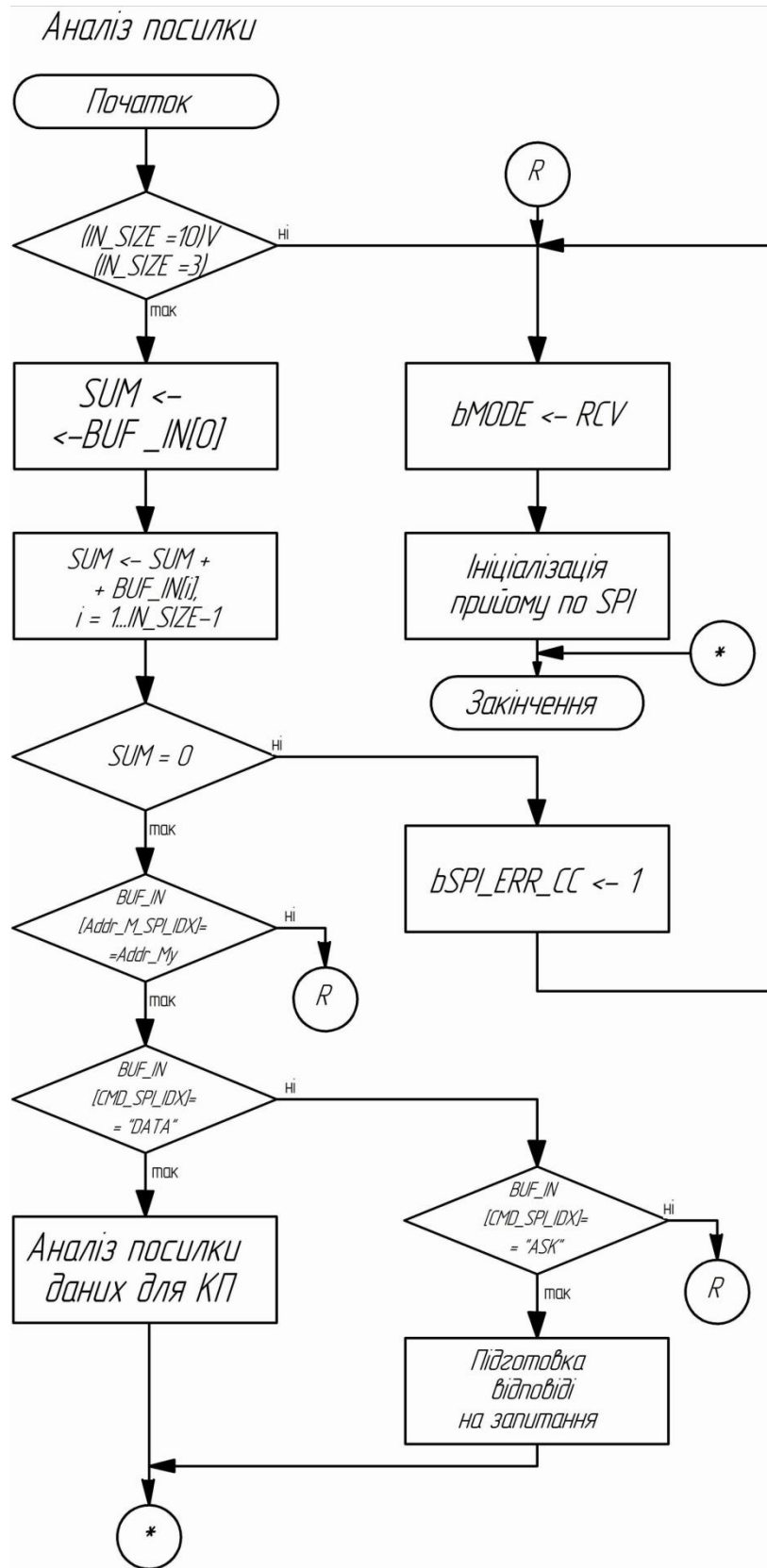


Рис. 5.9. Алгоритм аналізу прийнятої посилки на рівні обміну по SPI

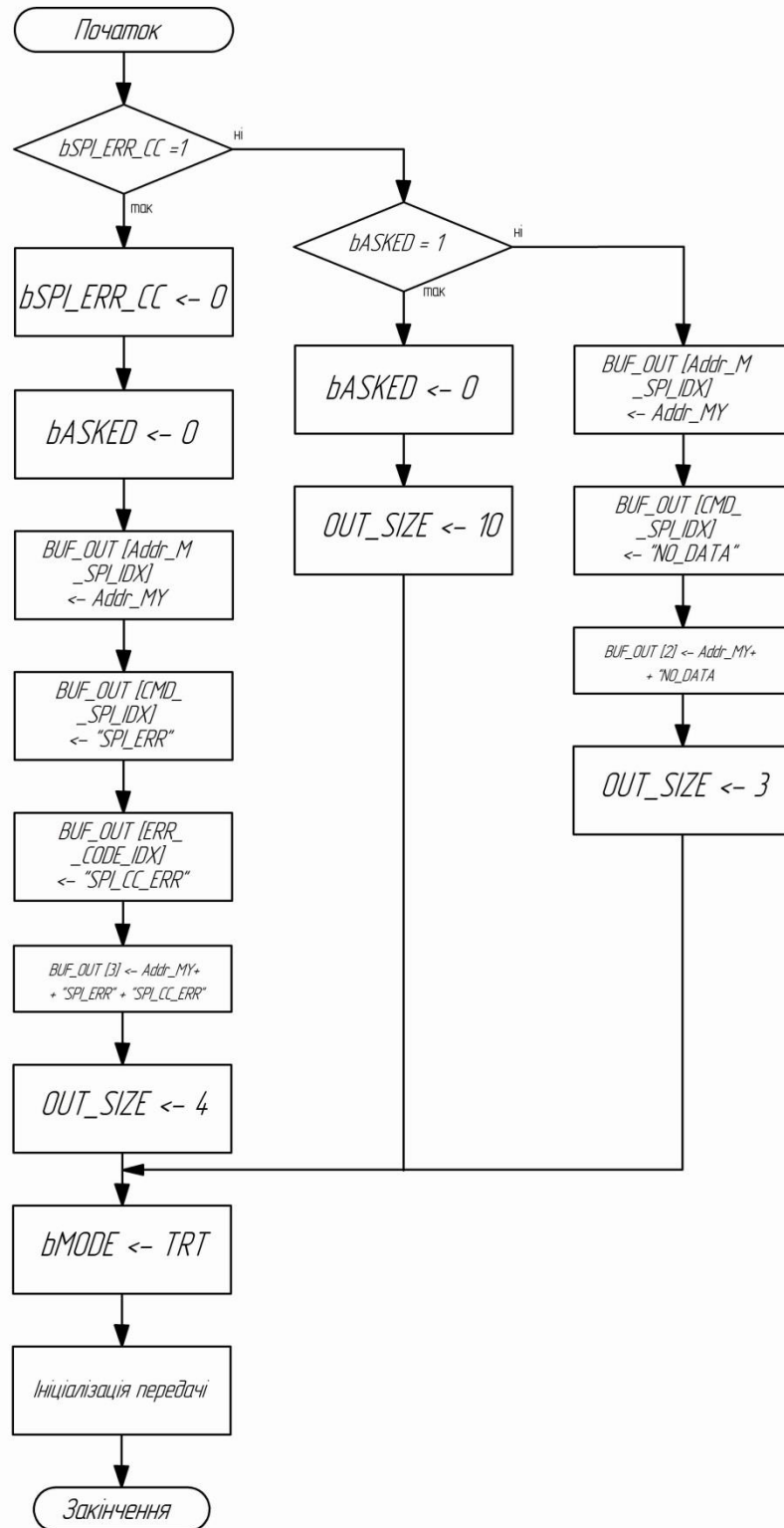


Рис. 5.10. Алгоритм аналізу посилки опитування та відправлення відповіді на рівні обміну по SPI

Аналіз посилки даних для КП

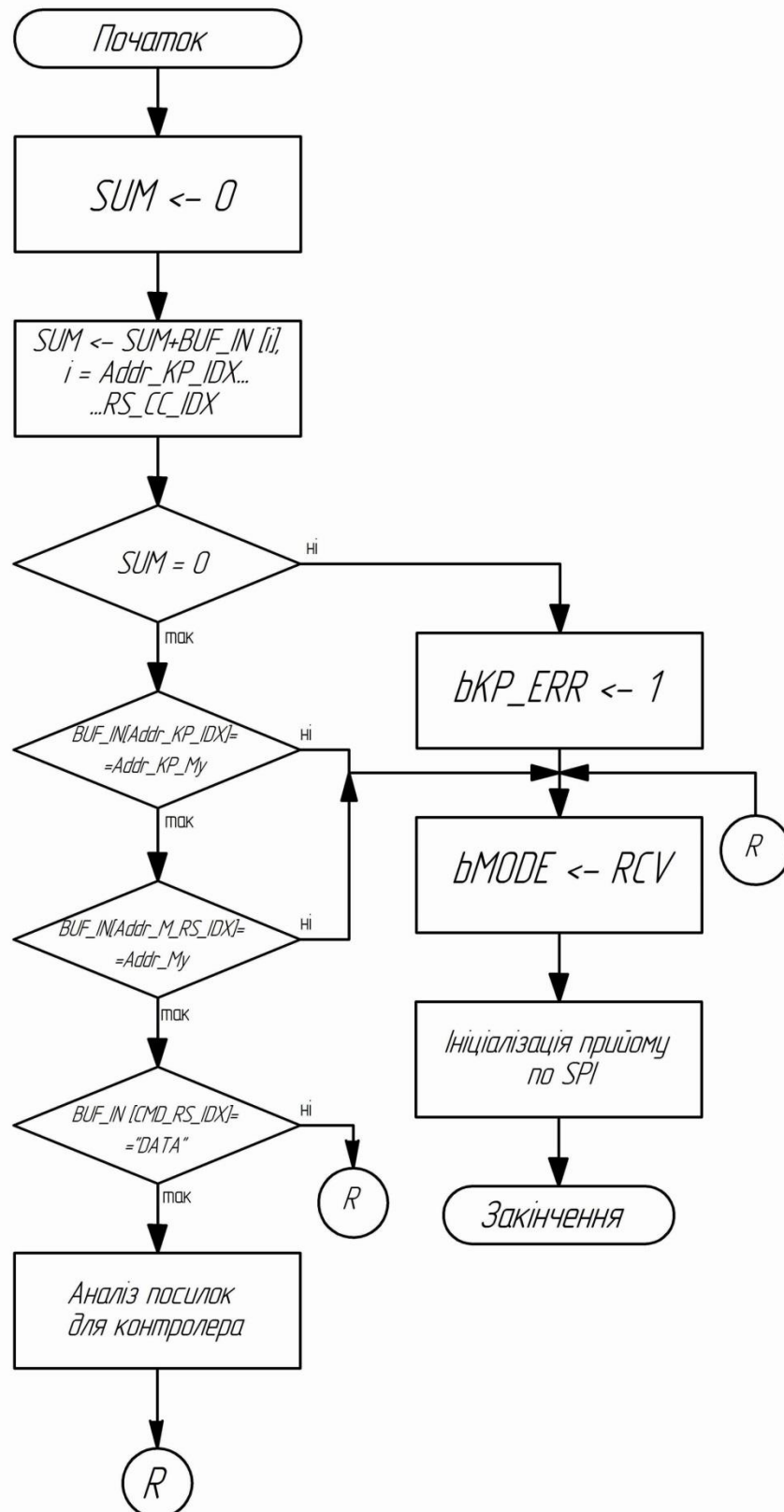


Рис. 5.11. Алгоритм аналізу прийнятої посилки міжвузлового обміну

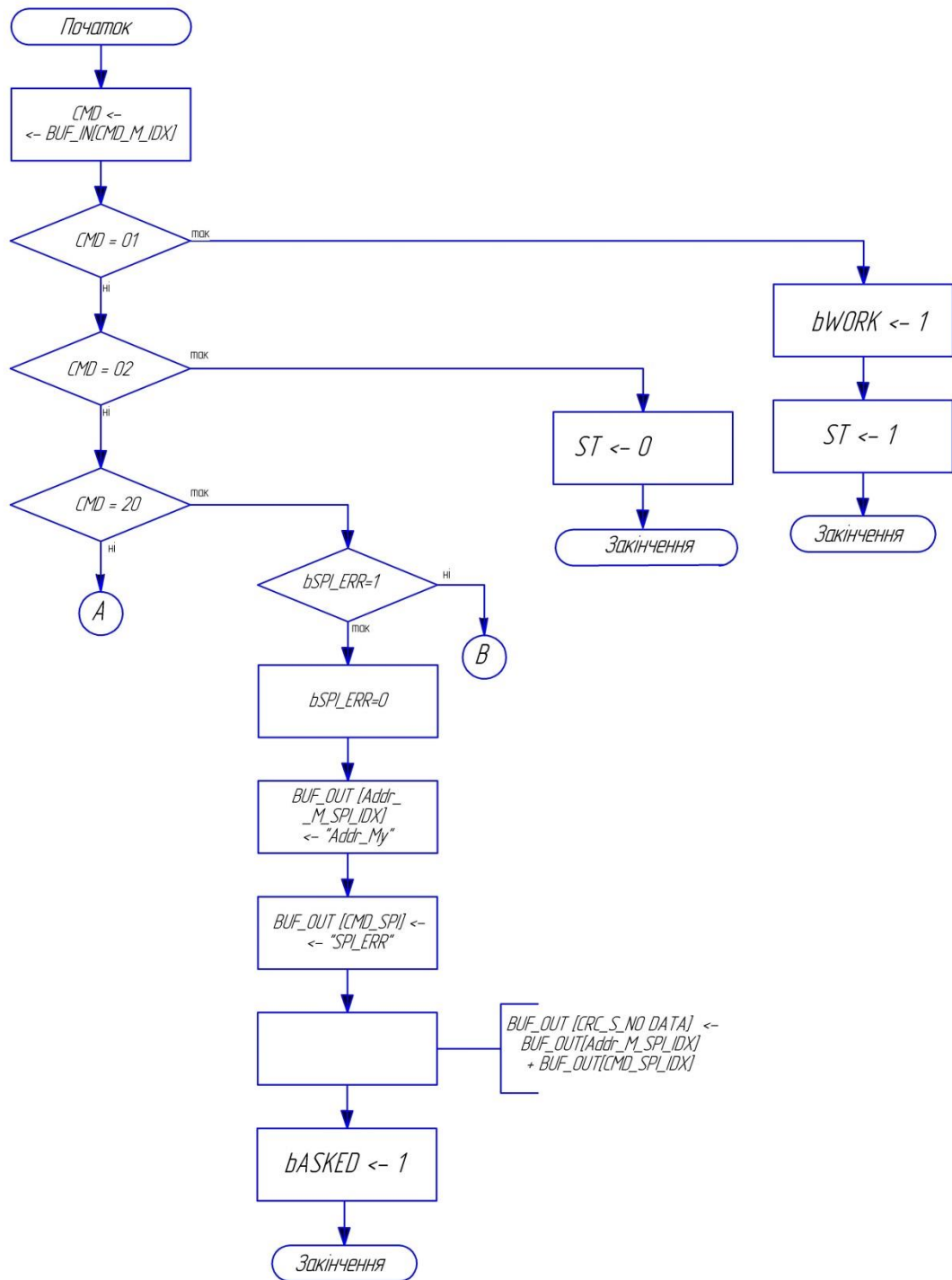
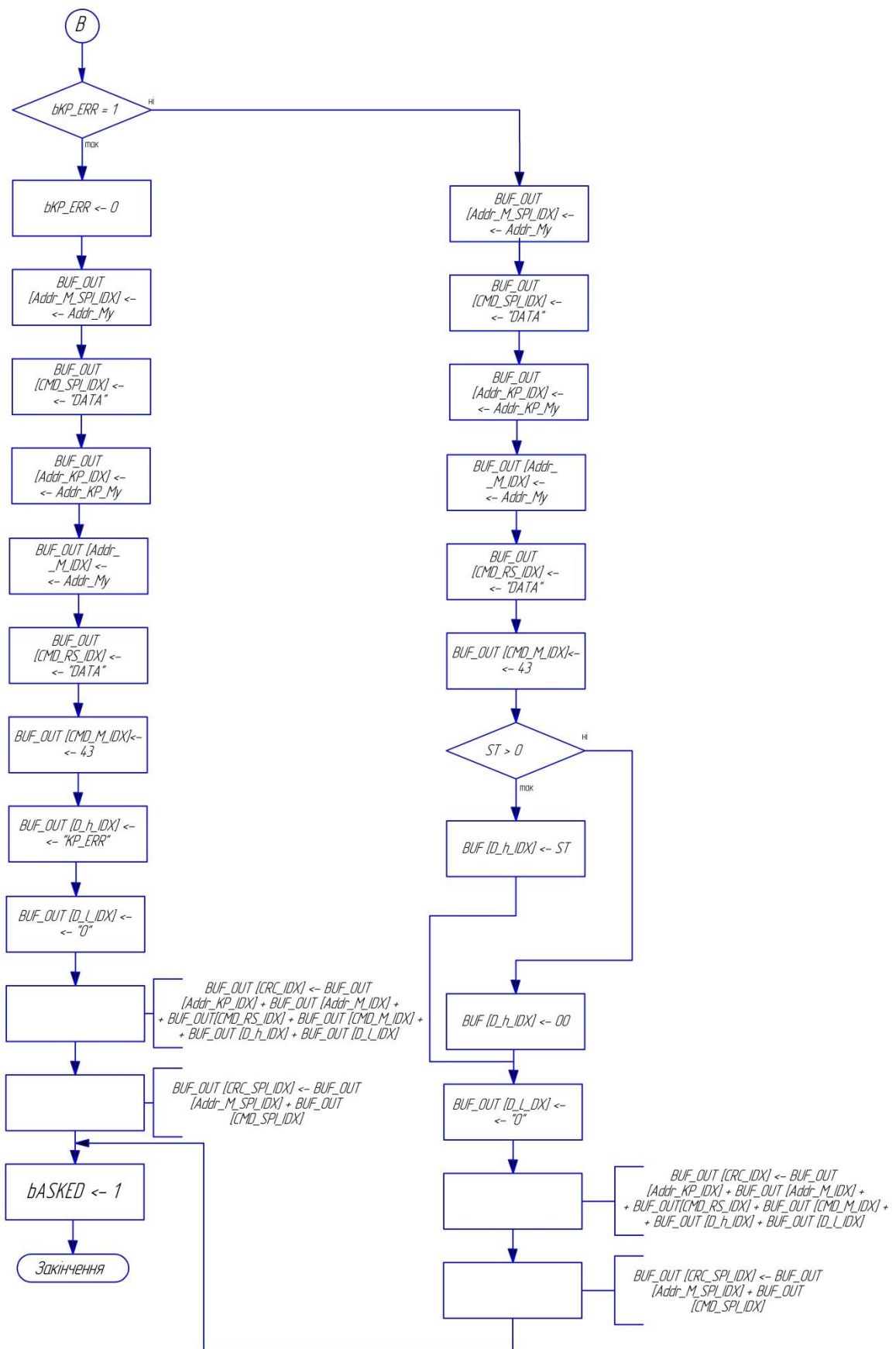
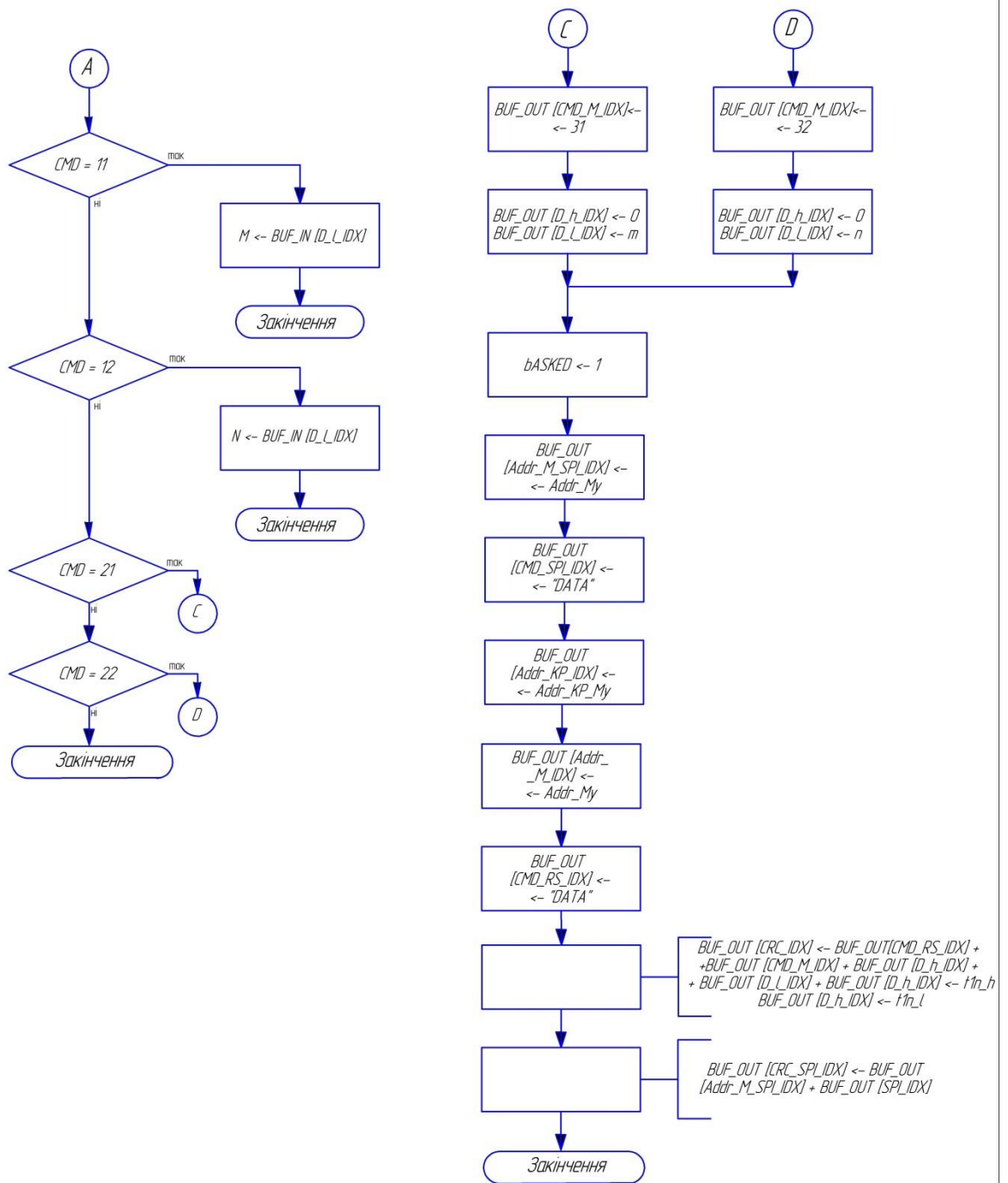


Рис. 5.12. Алгоритм аналізу прийнятої команди для контролера



Продовження рис. 5.12



Закінчення рис. 5.12

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання даного дипломного проекту розроблено автоматизовану систему керування на основі мікроконтролера для керування автоматами-укладальниками силікатної цегли. Створена система передбачає зручне управління технологічним процесом виготовлення силікатної цегли-сирцю в зв'язку з можливістю регулюванням технологічних параметрів, під час роботи в реальному часі без зупинки обладнання для налаштування.

При розробці було використано мікроконтролер Arduino Mega 2560 Rev3, який дозволяє в подальшому додання різних датчиків (як з аналоговими виходами так і з цифровими) для покращення технологічного процесу. При розширенні функціональності системи час обробки інформації контролером та час на відпрацювання керуючих впливів залишиться практично незмінним. Це також забезпечує точний контроль над регульованими параметрами, швидка реакція системи на будь які зміни, можливість в будь-який момент змінити задані параметри та прослідкувати за поточними значеннями.

Елементна база підібрана таким чином, щоб якомога точніше та швидше здійснювати вимірювання та керування обраними параметрами. Розроблено електричну принципову схему та детальний алгоритм роботи мікроконтролера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.7-80:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені силікатні. Технічні умови. Режим доступу: https://khsm.com.ua/images/sertificates/ks/dstu_silikat.pdf (дата звернення 25.05.2023).
2. Публічне акціонерне товариство "Житомирський комбінат силікатних виробів" - підприємство № 1 в Україні з випуску стінових матеріалів. Режим доступу: <https://www.nashdim.org/o-kompanii/> (дата звернення 27.05.2023).
3. Будівельні матеріали [Текст] : навч. посіб. для студентів ВНЗ : у 2 ч. / Ю. Г. Гасан, Т. М. Пащенко ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - Київ : КНУБА, 2013. Ч. 1. - 2013. - 227 с.
4. Будівельні матеріали [Текст] : навч. посіб. для студентів ВНЗ : у 2 ч. / Ю. Г. Гасан, Т. М. Пащенко ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - Київ : КНУБА, 2013. Ч. 2. - 2013. - 135 с.
5. Будівельні матеріали та вироби [Текст] : підручник / [О. М. Лівінський та ін.] ; за ред. акад. Укр. акад. наук, д-ра техн. наук проф. О. М. Лівінського ; Укр. акад. наук, Від-ня "Архітектури і буд. наук". - Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. В. Лазаряна : Акцент, 2014. - 656 с.
6. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів [Текст] : підруч. для студентів, які навчаються за спец. "Будівництво та цивільна інженерія" / Р. Ф. Рунова [та ін.] ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Рунової Р. Ф. ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - 3-є вид. - Київ : Основа, 2017. - 524 с.
7. Гоц В.І., Гелевера О.Г., Нестеров В.Г., Телющенко І.Ф. Технологія керамічних будівельних матеріалів: підручн. – К.: Основа, 2020. -744 с.

8. Автомат-укладальник силікатної цегли Режим доступу: <https://budtehnika.pp.ua/705-avtomat-ukladalnik-silkatnoyi-cegli.html> (дата звернення 20.04.2023).
9. Устаткування для виробництва силікатної цегли. Автомат-Укладальник силікатної цегли – СМС-275 Режим доступу: <https://ua.all.biz/uk/ustatkuvannya-dlya-vyrobnyctva-sylikatnoyi-cegly-g544096> (дата звернення 25.05.2023).
10. Автоматичний вимикач захисту LMS25 Режим доступу: <https://promzapas.com.ua/ua/p1272406396-avtomaticheskij-vyklyuchatel-zaschity.html> (дата звернення 15.05.2023).
11. Безконтактний індуктивний датчик положення CARLO GAVAZI IAO8LF15NO Режим доступу: <https://svaltera-nikolaev.uaprom.net/ua/p78005237-induktivnye-datchiki-carlo.html> (дата звернення 15.05.2023).
12. Arduino Mega 2560 Rev3 Режим доступу: <https://evo.net.ua/arduino-mega-2560-rev3/> (дата звернення 10.05.2023).

ДОДАТКИ

Технологічна схема

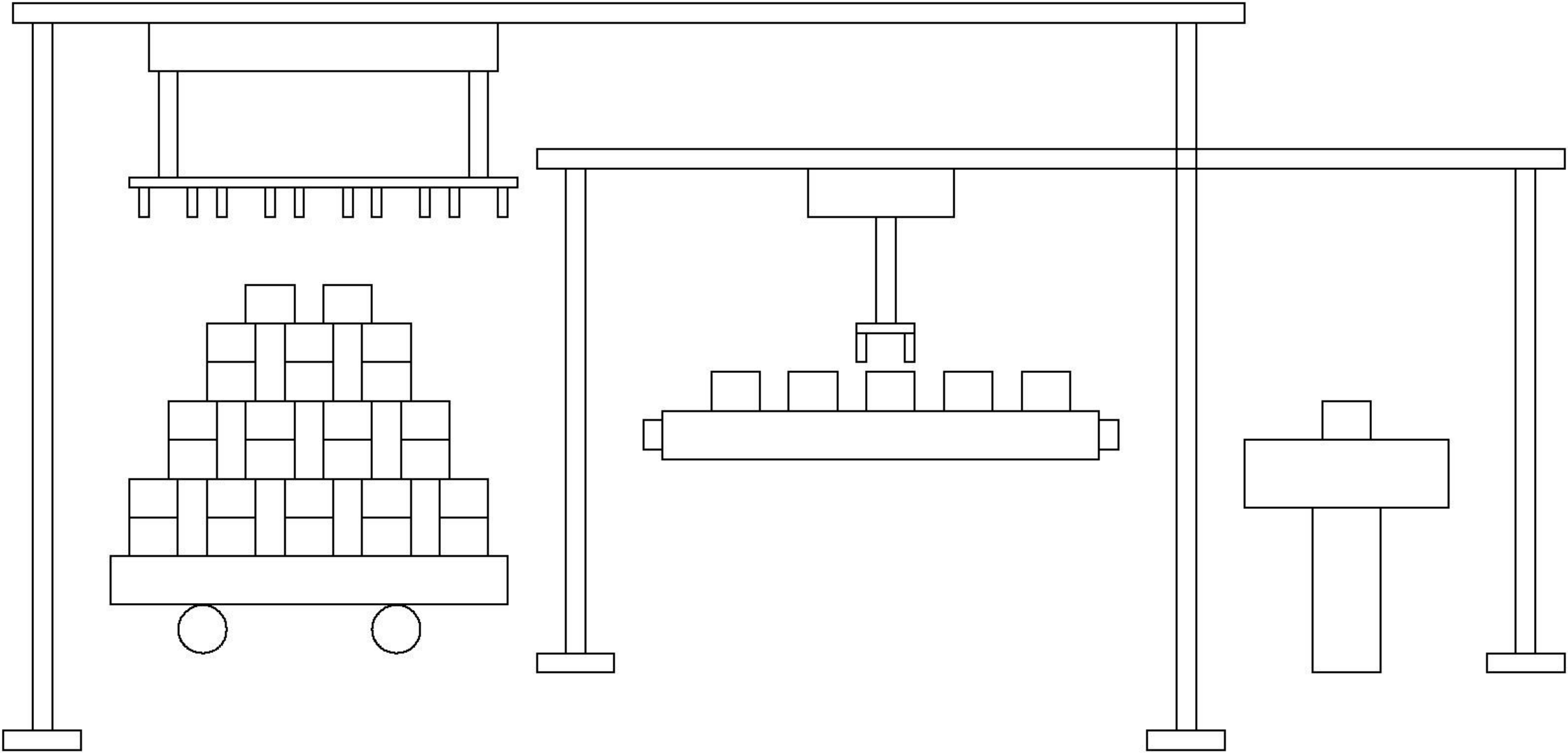


Схема функціональна автоматизації

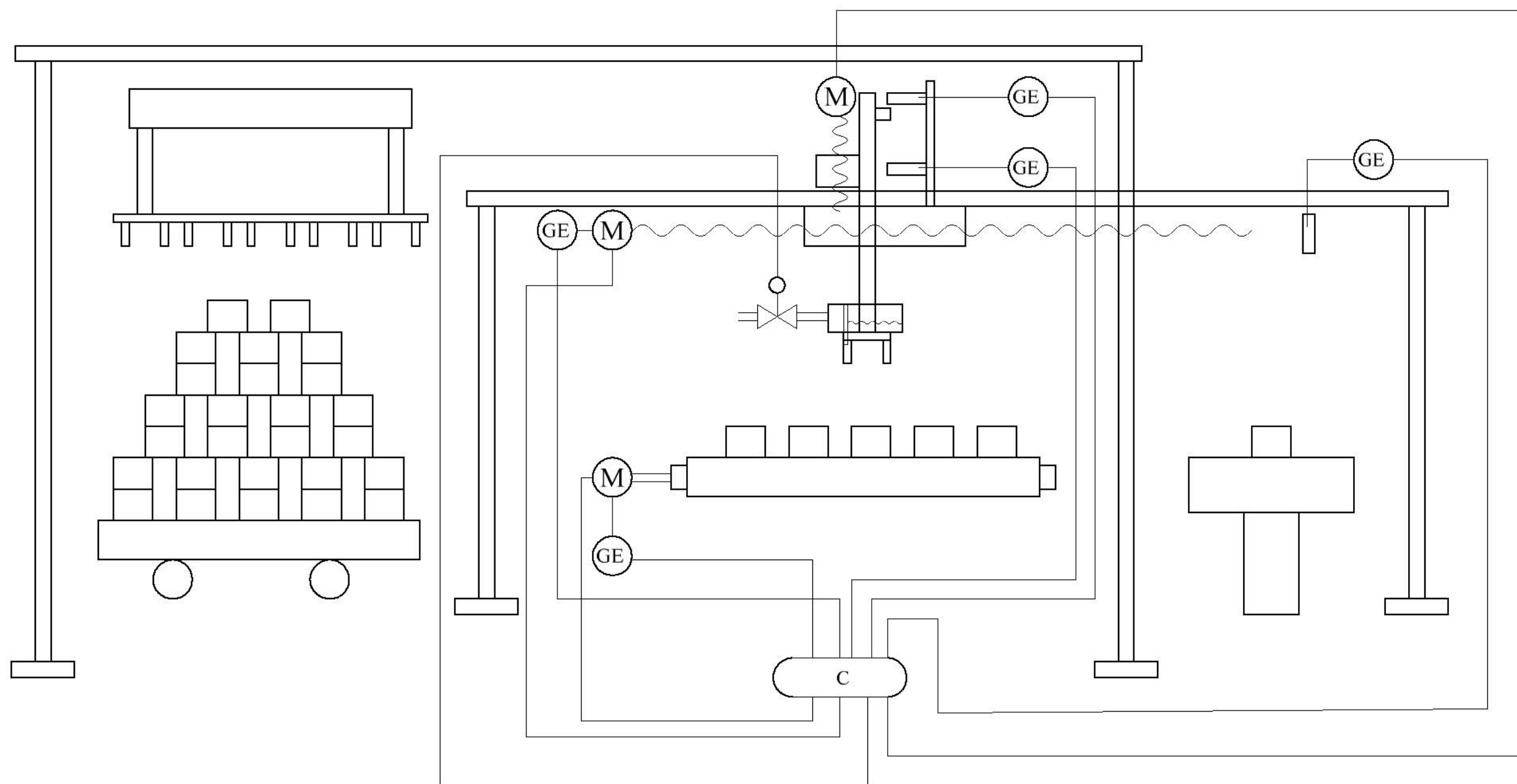
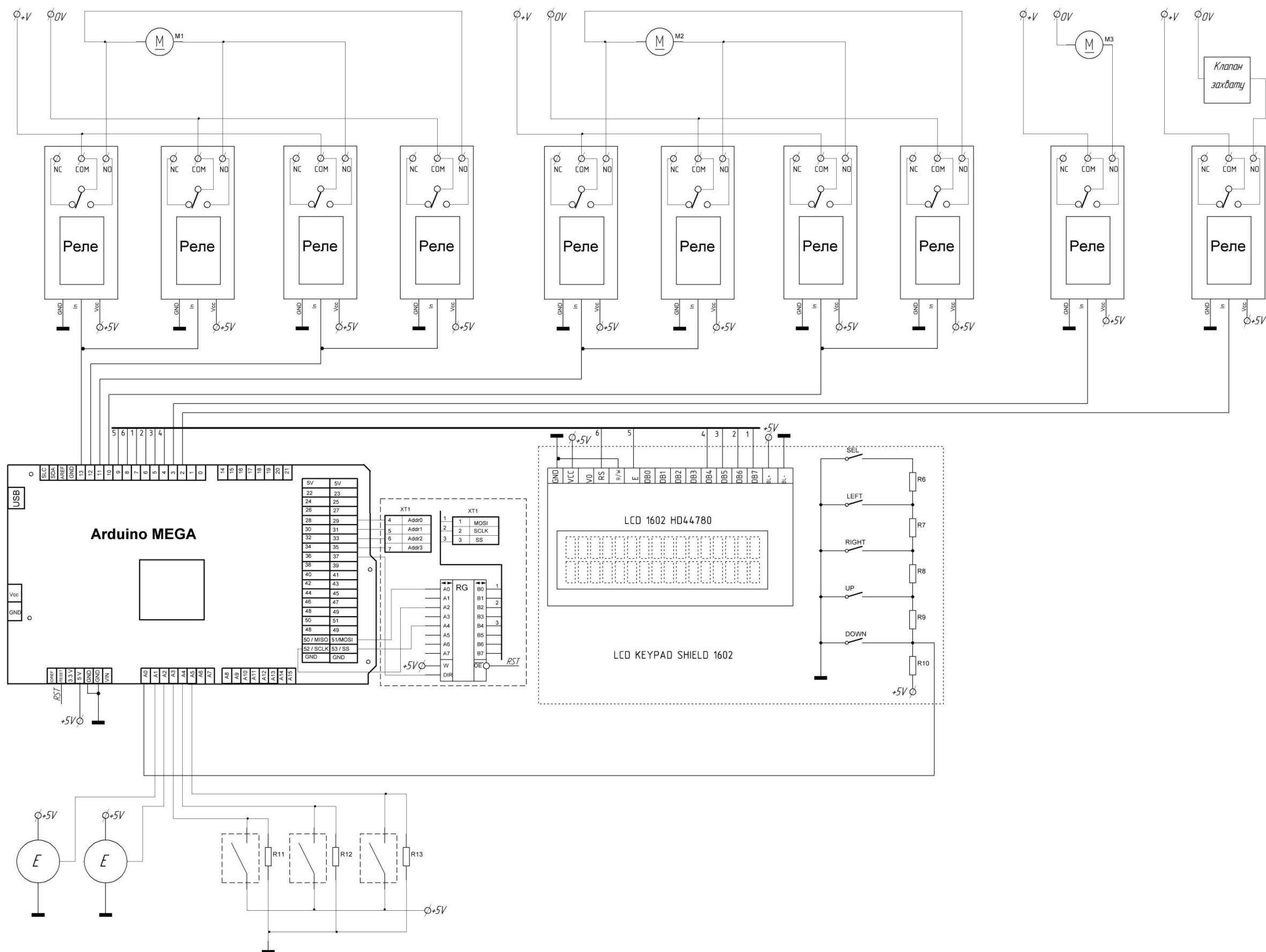


Схема електрична принципова



Додаток Г

Опис	Addr_M_SPI	CMD_SPI	Addr_KP	Addr_M_RS	CMD_RS	CMD_F	D_h	D_l	CC_RS	CC_SPI
№ байта (_IDX)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рівень 1. Посилки між EOM та функціональним модулем / модулем зв'язку										
Вхідні для модуля керування автоматом-укладальником цегли (МКАУЦ) (ФМ) (від EOM до МКАУЦ)										
Ввімкнення системи (START)						01	-	-		
Вимкнення системи (STOP)						02	-	-		
Задання кількості цеглин в ряду М						11	0	М		
Задання кількості рядів цеглин N						12	0	N		
Загальне опитування (про стадії роботи)						20	-	-		
Опитування поточної кількості цеглин в ряду m						21	-	-		
Опитування поточної кількості рядів цеглин n						22	-	-		
Вихідні для МКАУЦ (ФМ) (від МКАУЦ до EOM)										
Загальна відповідь (про стадії)						30	s.h=STAGE	s.l=код помиилки		
Відповідь про поточну кількість цеглин в ряду m						31	0	m		
Відповідь про поточну кількість рядів цеглин n						32	0	n		
Вхідні для МЗ (головного) (від EOM до МЗ)										
Додавання до таблиці маршрутизації (addrecTM)						08	N_KP	N_M3		
Видалення з таблиці маршрутизації (delrecTM)						09	N_KP	-		

Продовження додатку Г

Опис	Addr_M_SPI	CMD_SPI	Addr_KP	Addr_M_RS	CMD_RS	CMD_F	D_h	D_l	CC_RS	CC_SPI
№ байта (_IDX)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рівень 2. Посилки між вузлами АСУ (КП/ПУ/ЕОМ) по інтерфейсу RS-232										
Посилки для МЗ (вхідні для головного у вузлі від вищого вузла, для підлеглих у вузлі – вихідні до нижніх вузлів)										
Опитування нижнього вузла			Addr_KP (00)	Addr_M (00)	01 «ASK»	x	x	x	ПК	
Дані (для модулів свого КП)			Addr_KP (свій, кому)	Addr_M (кому)	02 «DATA»	Дані для викон. ФМ			ПК	
Дані (для чужих КП, для ретрансляції)			Addr_KP (чужий, кому)	Addr_M (кому)	02 «DATA»	Дані для ретрансляції			ПК	
Посилки для МЗ (вихідні для головних у вузлі для вищого вузла, для підлеглих – вхідні від нижніх вузлів)										
Немає даних для відповіді (NO_DATA)			Addr_KP (свій, від кого)	Addr_M (00)	10 «NO DATA»	x	x	x	ПК	
Відповідь з даними (DATA)			Addr_KP (від кого,свій/чужий)	Addr_M (від кого)	02 «DATA»	Дані від ФМ			ПК	
Посилки функціональних модулів(вхідна в повідомленні SPI від гол. МЗ)										
Дані від ЕОМ			Addr_KP (кому)	Addr_M (кому)	02 «DATA»	Дані для виконання / запити			ПК	
Посилки функціональних модулів(вихідна в повідомленні SPI для гол. МЗ)										
Дані для ЕОМ			Addr_KP	Addr_M	02 «DATA»	Дані відповіді на запити			ПК	
Рівень 3. Посилки по SPI всередині вузлів										
Вхідна посилка для залежних модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вихідні від головного МЗ										
Дані від ЕОМ (для ФМ свого КП)	Addr_M (свій, кому)	02 «DATA»	Addr_KP (свій)	Addr_M (свій)	02 «DATA»	Дані для виконання			ПК	ПК
Дані від ЕОМ (для ФМ чужих КП, для ретрансляції через МЗ)	Addr_M (адр. МЗ з табл.маршр.)	02 «DATA»	Addr_KP(чужий)	Addr_M	02 «DATA»	Дані для ретрансляції			ПК	ПК
Опитування гол. МЗ	Addr_M (свій, кому)	01 «ASK»	x	x	x	x	x	x	x	ПК
Вихідна посилка від залежних модулів у вузлі (МЗ/ФМ), вхідні для головного МЗ										
Відповідь _NO_DATA	Addr_M (свій, від кого)	10 «NO DATA»	x	x	x	x	x	x	x	ПК
Відповідь _DATA	Addr_M (свій, від кого)	02 «DATA»	Addr_KP (від кого)	Addr_M (від кого)	02 «DATA»	Дані			ПК	ПК
Відповідь про помилку	Addr_M (свій)	FO «SPI_ERR»	ERR.CODE	x	x	x	x	x	x	ПК